

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”**

Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Кузьмінський Є.В.  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019р.:

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**  
**на здобуття ступеня бакалавра**  
з напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія»  
(код і назва)

на тему: «Біологічне очищення стічних вод молокозаводу та м. Житомир»

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи БЕ-51  
(шифр групи)

Петруньок Ольга Олександрівна  
(прізвище, ім'я, по-батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник асист., к.т.н. Зубченко Л.С.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант д.т.н., проф. Саблій Л.А.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент к.т.н., мт. Викладач Поліщук В.Ю.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній  
роботі немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідальних посилань  
Студент (-ка) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 75 с., 7 рис., 8 табл.

В дипломній роботі приведено характеристика стічних вод молокозаводу. Проведено пошук та вибір ефективної технології очищення стічних вод підприємства з доведенням показників забруднень в систему міської каналізації міста Житомир.

Представлено та описано технологію очищення суміші стічних вод молокозаводу та міста Житомир. За даною технологією створено технологічну та апаратурну схеми. Розглянуто склад і властивості аеробного активного мулу. Проведено розрахунки необхідного ступеня очищення стічних вод та розрахунок споруд біологічного очищення. На підставі порохованих параметрів розроблено креслення споруди – аеротенк-витиснювач.

Розраховано матеріальний баланс, вказано параметри контролю та описано заходи з охорони праці і охорони довкілля.

МОЛОКОЗАВОД, СТИЧНА ВОДА, АЕРОТЕНК-ВИТИСНЮВАЧ,  
БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, СУМІШ, ОСАД.

						Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, АКТИВНОГО МУЛУ. ....	6
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ .....	6
1.1. Характеристика стічних вод молокозаводу .....	6
1.2. Обґрунтування вибору технології очищення .....	8
стічних вод молокозаводу .....	8
1.3. Вибір технології очищення стічних вод молокозаводу .....	19
1.4. Характеристика біологічного агента .....	23
РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ТА МОЛОКОЗАВОДУ .....	28
2.1. Біохімічні процеси, які перебігають при аеробному окисненні органічних речовин забруднень активним мулом .....	28
2.2. Характеристика очищеної стічної води .....	31
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	32
3.1. Сировина та матеріали .....	32
3.2. Опис технологічного процесу .....	34
3.3. Контроль виробництва .....	41
КНД 211.1.4.021-95 .....	42
3.4. Матеріальний баланс .....	47
РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ .....	49
4.1. Розрахункові витрати стічних вод .....	49
4.2. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод .....	52
4.3. Розрахунок первинних відстійників .....	55
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДІВКІЛЛЯ .....	64
6.1. Повітря робочої зони .....	64
6.2. Виробниче освітлення .....	65
6.3. Захист від виробничого шуму та вібрації .....	65
6.4. Пожежна безпека .....	66
6.5. Електробезпека .....	66
6.6. Охорона довкілля .....	67
ВИСНОВКИ .....	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	69
ДОДАТОК .....	71

## ВСТУП

Стічні води молокозаводу відносяться до висококонцентрованих стічних вод і потребують попереднього очищення перед скиданням в природню водойму чи систему міської каналізації. На промислових підприємствах повинно здійснюватися локальне очищення виробничих стічних вод перед скиданням їх у міську каналізацію, а на міських очисних спорудах – повне біологічне очищення. Локальне очищення забезпечить видалення усіх шкідливих речовин, які гальмують біохімічні процеси під час біологічного очищення на міській станції аерації [1].

Проте проблема забруднень водойм в Україні набуває катастрофічного характеру. В останні роки виробництво молока і молочних продуктів, а також і кількість підприємств цієї галузі збільшилося. Це негативно вплинуло на стан поверхневих вод України. За результатами 2012 року виготовлено 909 тис.т. молока в Україні. Його експорт становив 612398,0 тис.дол. США, імпорт – 196435,9 тис. дол.. США [2].

Зокрема, основними виробниками молочної продукції України є ЗАТ "Галичина", Укрпродукт груп, ЗАТ "Західна молочна група" (об'єднує молокозаводи компанії "Контініум"), ТОВ "Ласуня. Торговельний Дім", ТОВ "УК ТерраФуд", Група компаній "Молочний альянс", ТОВ "Вімм-Білл-Данн-Україна", "Юнімілк Україна", "Мілкіленд" та ін., які мають у своєму складі нові підприємства, обладнані сучасними технологічними лініями, що дозволяють виробляти молочну продукцію найвищого гатунку, зокрема і за стандартами ЄС. Станом на 2009 р. в Житомирській області було виготовлено 12799 т молока [3].

Тому виникла потреба пошуку та розробки нових технологій очистки стічних вод молокозаводів. Це обґрунтовано низькою ефективністю роботи

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

існуючих очисних станцій, зміною характеру та фазово-дисперсного стану стічних вод молокозаводів.

За останні 10 років спостерігається зміна фазово-дисперсного складу стічних вод молокозаводів, пов'язана із зростанням попиту на кисломолочну продукцію та зменшенням обсягів виробництва пастеризованого молока, а також підвищенням концентрації нерозчинених органічних часток порівняно із вмістом розчинених [1].

Метою дипломного проекту є обґрунтування та вибір технології очистки стічних вод молокозаводу та міста Житомир.

Завдання, що необхідно вирішити для виконання поставленої мети:

1. На підставі літературних даних розглянути фізико-хімічний склад стічних вод молокозаводу. Проаналізувати існуючі технології очищення стічних вод молокозаводу, обрати та обґрунтувати технологію очищення стічних вод молокозаводу;
2. На підставі літературних джерел надати характеристику активного мулу.
3. Розрахувати витрати і концентрації забруднюючих речовин суміші стічних вод молокозаводу та міста та необхідний ступінь очищення стічних вод.
4. Провести розрахунки очисних споруд. Розробити креслення споруди для аеробного біологічного очищення стічних вод – аеротенка.
5. Розробити технологічну та апаратурну схеми процесу очищення стічних вод молокозаводу.
6. Розглянути заходи стосовно охорони праці та довкілля, яких необхідно дотримуватись на станції водоочищення.

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, АКТИВНОГО МУЛУ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ

### 1.1. Характеристика стічних вод молокозаводу

Стічні води молокозаводу відносяться до категорії висококонцентрованих стічних вод нестабільного складу.

На підприємстві молочної промисловості утворюються два види промислових стічних вод: забруднені і умовно чисті. Забруднені стічні води утворюються при митті технологічних трубопроводів, автомобільних цистерн, підлоги, панелей промислових приміщень. Умовно чисті води молокозаводу – при охолодженні молока і обладнання в результаті експлуатації охолоджувально-пастеризаційних установок, а також аміачних та повітряних компресорів. Води цієї категорії рекомендується після відповідної обробки направляти в системи оборотного чи повторного водопостачання підприємства.

Підприємства молочної галузі, а саме молокозаводи використовують чисту воду, що в процесі її використання на технологічні потреби забруднюється різноманітними домішками. Більша частина яких органічні домішки [4].

Стічні води містять молоко, розчинені органічні речовини (молочні жири, білки, цукор), а також неорганічні речовини (сода, сіль харчова сірчана та соляна кислоти). Нерідко є можливість потрапляння сторонніх предметів: скла, піску, тощо. Також до складу входять сполуки фосфору, азоту, солі марганцю, калію, ферменти, а також вітаміни С, А, Д, В, В<sub>2</sub>.

Активна реакція свіжої стічної води нейтральна або слаболужна, проте легко переходить у кислу. Це зумовлено зброджуванням молочного цукру.

Стічні води мають жовтуватий або мутно-білий колір [4].

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість забруднених стічних вод становить 20-50% від всього стоку. Стічна вода, що направляється на повторне використання складає 60-80% всієї витрати води на підприємстві [5].

Для підприємств молочної галузі характерна нерівномірність відведення стічних вод. Коефіцієнт годинної нерівномірності становить 1,7-1,9 .

Також ці води характеризуються різними коливаннями значення рН протягом доби. Це зумовлено почерговим використанням для миття технологічного обладнання лужних та кислих миючих розчинів. В першому випадку рН досягає 9 – 11, в другому рН знижується о 2 – 3, що викликає швидкий гідроліз органічних забруднень продуктів молокопереробки з утворенням органічних кислот.

Використання нагрітої води для миття обладнання призводить до нагрівання стічної води до температури 32 °С.

У стічних водах концентрація завислих речовин коливається в межах від 120-1100 мг/ дм<sup>3</sup>.

Стічні води містять хлориди, сульфати, сполуки фосфору та азоту, оскільки вони присутні в молоці.

Наявність великої кількості цукрів, білків та жирів, сприяє появі високих концентрацій розчинених органічних речовин та високих показників БСК і ХСК в стічних водах.

Концентрація забруднень становить, мг/ дм<sup>3</sup>: органічні речовини за ХСК – 3500, БСК<sub>5</sub> – 3200, молочних жирів – до 100, азоту амонійного – до 50, фосфатів – до 72.

Усереднений склад стічних вод молокозаводу приведено в таблиці 1.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1

## Концентрації забруднюючих речовин в стічних водах

Показники	Значення показників
Завислі речовини, мг/ дм <sup>3</sup>	350
Сухий залишок, мг/ дм <sup>3</sup>	1500
Азот загальний , мг/ дм <sup>3</sup>	60
Фосфор, мг/ дм <sup>3</sup>	8
Жири, мг/ дм <sup>3</sup>	до 100
Хлориди, мг/ дм <sup>3</sup>	150
ХСК, мг/ дм <sup>3</sup>	1400
БСК <sub>пов</sub> мг/ дм <sup>3</sup>	1200

Органічний азот в стічних водах міститься у вигляді аміногруп білків. Амонійний азот потрапляє з компресорних цехів, нітрати – при промиванні ємностей азотною кислотою. Зазвичай показник вмісту азоту від величини ХСК становить 3,4-3,8% [4].

## 1.2. Обґрунтування вибору технології очищення стічних вод молокозаводу

### 1.2.1. Технологія електрокоагуляції-флотації

Як метод попередньої очистки стічних вод молокозаводу використовують фізико-хімічні методи. Реагентна флотація, електрокоагуляція-флотація дозволяють ефективно видаляти з води тонкодисперсні завислі речовини, емульговані жири, колоїдні частинки, за сприяння присутніх у воді синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР). Недоліком цих методів є утворення великої кількості осадів, що мають легкоокиснювальну органіку із сполуками металу (коагулянту), які потім необхідно знешкодити та утилізувати.

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Однією з найбільших проблем при очищенні стічних вод молокозаводу є наявність жирів. Жири здійснюють негативний вплив на систему каналізації, відкладаючись на стінках трубопроводів і колекторів, тим самим знижуючи їх пропускну здатність. Також наявність жирів призводить до порушення процесу біологічного очищення. Процес розкладання жирів призводить до утворення жирних кислот і рівень рН змінюється до 4,5-4. Як наслідок в активному мулі розвиваються нитчасті бактерії, значно збільшується муловий індекс, посилюється винос мулу з відстійника.

При використанні методу флотації можна досягти 90% видалення із стічних вод жирових частинок [4].

При очищенні стічних вод методом електрокоагуляції рекомендується відстоювання або електрофлотація. Кількість утвореної в електрокоагуляторах і електрофлотаторах піни складає 25% витрати стічної води, кількість пінної води – 1,4%. Гашення піни проводять механічним способом протягом 5-10 хв.

Застосування електрокоагуляційного методу рекомендується для локальної очистки стічних вод молокозаводу при необхідному зниженні концентрації жирів до 25 мг/ дм<sup>3</sup>, завислих речовин – 50 мг/ дм<sup>3</sup>, БСК<sub>пов</sub> – до 500-1000 мг/ дм<sup>3</sup> [5].

Ефективність очистки стічних вод методом електрокоагуляції представлено в таблиці.

Таблиця 2

Ефективність очистки стічних вод методом електрокоагуляції [2]

Показники	Зменшення вихідних концентрацій Забруднень, %	
	Електрокоагуляція- відстоювання	Електрокоагуляція- електрофлотація
Жири	94-96	96-97
Завислі речовини	89-90	90-92
БСК <sub>пов</sub>	70-73	70-75

Технологія електрокоагуляції-флотації здійснюється у вертикальному апараті.

Виробничі стічні води спочатку проходять механічне очищення та усереднювач, після чого їх направляють в електрокоагулятор-флотатор, в якому в нижній частині розташовано електрохімічну камеру, а співвісно над нею – камеру флотації. Таке розташування забезпечує висхідний потік електроліту через електродну систему з переходом йонів металу аноду в рідину і утворенням гідроксиду металу, який коагулює частинки домішок, а газ, що виділяється на електродах, флотує утворені агрегати [7].

При анодному розчиненні металу в забруднених органічними умовах у зв'язку з пасивацією та адсорбцією на них речовин, що містяться у стічних водах [7].

Ці процеси супроводжуються підвищенням електричного опору, а отже підвищенням витрат електроенергії на очищення. Введення стічних вод в установку електрокоагуляції-флотації після електродної камери, змішування з електролітом, що містить електрогенерований коагулянт після обробки в електродній камері, дозволяє зменшити указані витрати. В якості електроліту використовують очищену від домішок воду з додаванням хлориду натрію з концентрацією 100-300 мг/ дм<sup>3</sup> для зменшення пасивації електродів і збільшення електропровідності розчину.

Попереднє очищення стічних вод за даною технологією дозволяє ефективно очистити стічну воду від завислих і колоїдних частинок, здійснити деструкцію високомолекулярних органічних речовин до більш простих сполук, що легко розкладаються під час подальшого біологічного очищення.

Ефект очищення стічної води від завислих речовин становить 96-98%, від органічних речовин за ХСК -80-86% при початкових ХСК 1200-1500 мг/ дм<sup>3</sup>.

Технологічна схема електрокоагуляції-флотації представлена на рис.1.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

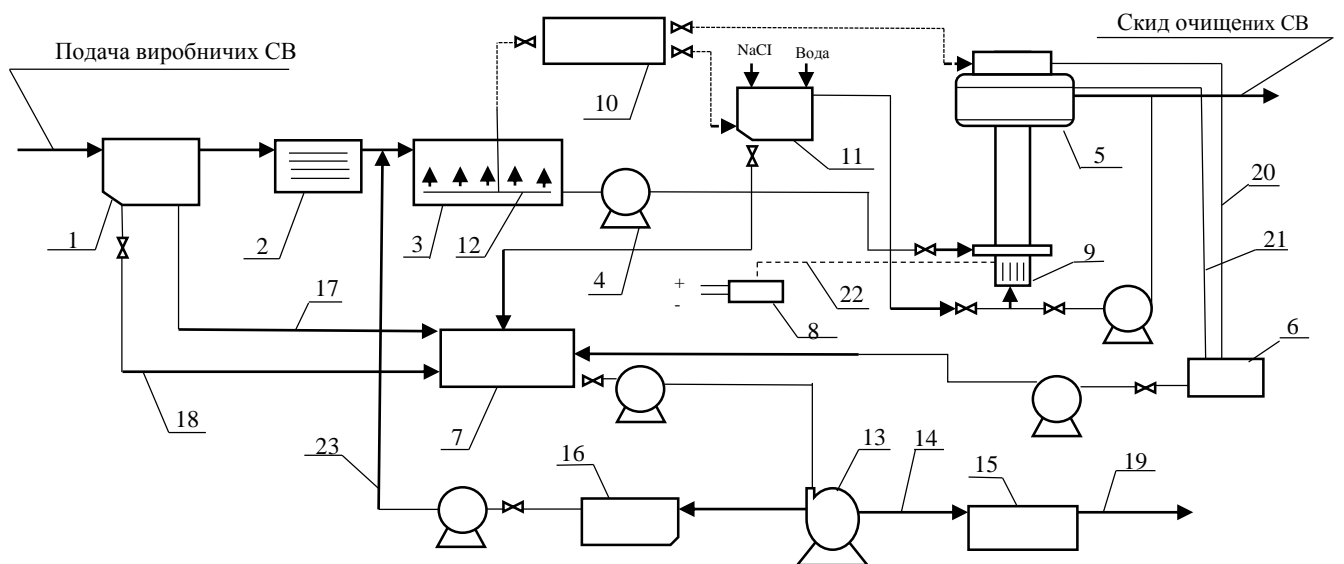


Рисунок 1 – Технологічна схема попереднього очищення стічних вод  
молокозаводу [7] :

1 – жироловка, 2 – решітки-дробарки, 3 – усереднювач, 4 – машинне  
відділення насосної станції, 5 – електрокоагулятор-флотатор, 6 –  
піногасник, 7 – резервуар осаду, 8 – випрямляч постійного струму 9 –  
система електродів, 10 – повітродувна станція, 11 – реагентне господарство,  
12 – подача повітря в усереднювач, 13 – вікуум фільтр. 14 – зневоднений  
осад, 15 – резервуар кеку, 16 – резервуар-накопичувач мулової води, 17 –  
відведення жиромаси, 18 – подача осаду з жироловки, 19 – кек на вивезення,  
20 – відведення пінного продукту, 21 – подача шламу, 22 – скид осаду з  
реагентного господарства, 23 – подача мулової води.

Недоліком цієї технології є підвищення витрат на електроенергію при  
очищенні стічної води.

### 1.2.2. Технологія використання природного цеоліту для очищення стічних вод

В даний час для очищення стічних вод використовують адсорбційні методи за допомогою природних та синтетичних сорбентів, що дає можливість їх регенерації та повторного використання. Існує технологія очищення стічної води молокозаводу з використанням цеолітів, схема якої представлена на рис.

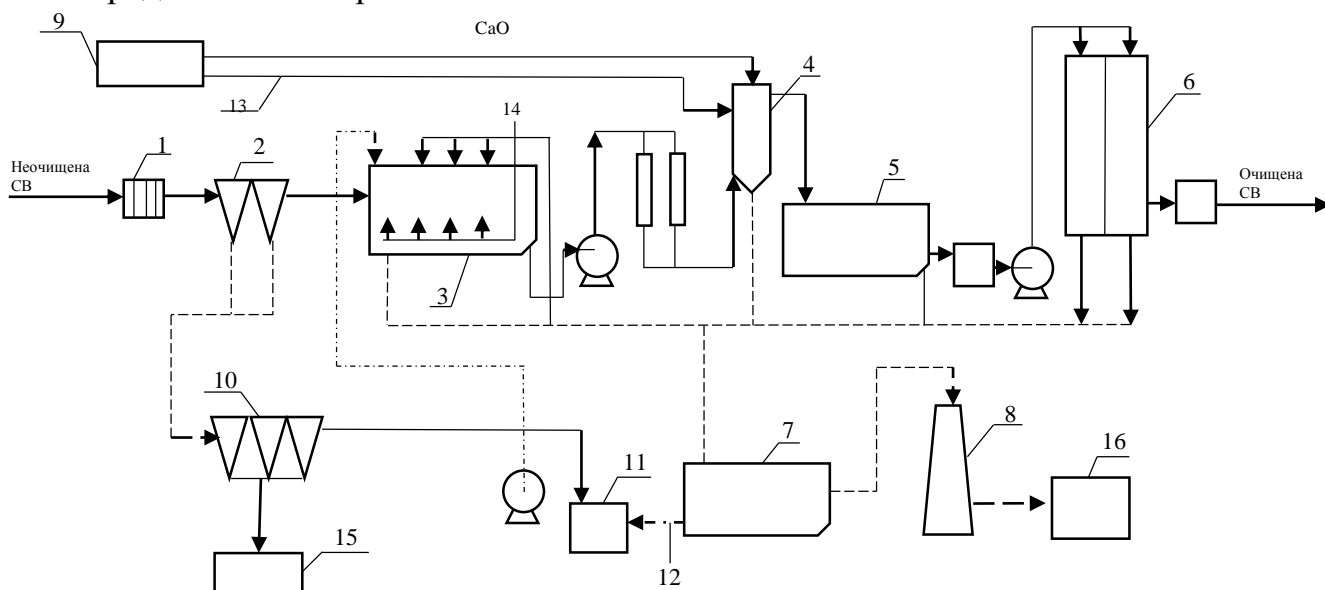


Рисунок 3 – Технологічна схема попереднього очищення стічних вод  
молокозаводів з використанням природного цеоліту [8]:

1 – решітка, 2 – пісковловлювачі, 3 – накопичувач-усереднювач, 4 –  
змішувач, 5 – відстійник. 6 – фільтри, 7 – мулоушільнювач, 8 – фільтр-прес,  
9 – реагентне господарство, 10 – бункери для піску, 11 – ємність для  
фільтрату (стічні води), 12 – декантат, 13 – сорбент, 14 – стиснене повітря,  
15 – піскові майданчики, 16 – осад на утилізацію.

Стічні води поступають на стадію механічного очищення від  
грубодисперсних домішок розміром до  $1 \cdot 10^{-3}$  мм за допомогою решіток (1).  
Далі вода подається у пісковловлювачах (2). Для збільшення ефективності  
роботи пісковловлювачів пісок видаляють пневмотранспортом стисненим  
повітрям [8].

					Арк.
					12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Стічна вода, що містить молочну кислоту, емульгований жир, білки тощо, подається у флотатор (3). Піна, яка містить флотоконцентрат, виводиться з системи у мулоущільнювач (7).

Потім стічні води поають в електрокоагулятор з алюмінієвими електродами (11). Після коагуляції стічна вода потрапляє у змішувач (4), який виконує адсорбційну функцію. У ньому відбувається змішування стічної води, активованого вугілля та кальцію оксиду в динамічних умовах. Цей апарат працює за принципом гідроциклону.

Осад виводиться у мулоущільнювач (7), а очищена вода подається у відстійник (5), в якому відбувається розділення твердої фази у вигляді флотату та утворення осаду, які також направляються в мулоущільнювач (7).

Вода, очищена від органічних домішок, подається в адсорбер неперервної дії з цеолітовим завантаженням (6). Відбувається остаточне очищення від неорганічних речовин – іонів  $H^+$  та  $Ca^{2+}$ . Для регенерації сорбенту подають розчин NaOH у напрямку, протилежному до подачі стічної води.

Після очищення стічна вода може подаватись у замкнений цикл водопостачання, збираючись у збірнику очищеної води (12), або направлятись в каналізаційну систему водовідведення. Утилізація осаду проводиться у мулоущільнювачі (7), в якому відбувається утворення фільтрату, що подається у флотатор (3), де здійснюється основний цикл очищення стічних вод підприємства. Для зневоднення осад подається у фільтр-прес(8). Після стабілізації осад може використовуватися як органічні добрива. Фільтрат поступає на початковий етап схеми очищення, а ущільнений осад подають на утилізацію [8].

Розглянута схема дозволяє досягнути високих показників очищення стічної води від забруднень, проте існує проблема утилізації відпрацьованого цеоліту.

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як метод локального очищення стічних вод молокозаводу також використовують метод біологічного очищення.

Воно ґрунтується на здатності різних груп мікроорганізмів руйнувати в процесі своєї життєдіяльності розчинні речовини, що містяться в стічних водах.

Процес біологічного очищення полягає в виділенні органічних речовин зі стічної води, яке відбувається під дією аеробних мікроорганізмів біологічної плівки і активного мулу, які здатні споживати сполуки різноманітного хімічного складу. Спорудами біологічного очищення є аеротенки, біофільтри та метантенки[6].

### 1.2.3. Технологія очищення стічних вод на затопленому біофільтрі

Технологія очищення стічних вод молокозаводу на затопленому біофільтрі дає можливість ефективно очистити стічні води, а також уникнути утворення надмірно об'єму осадів.

Характер забруднень стічних вод молокозаводів дозволяє використовувати в процесах їх очищення широкий спектр організмів, які мають різні

Процес біологічного очищення стічних вод проходить в декілька етапів. Стічні води поступають у нижні шари завантаження через розподільну систему, прокладену вздовж днища споруди, потім поступово просочуються у верхні шари. Тут переважають сорбційно-окиснювальні процеси, які здійснюють бактерії біоплівки. Затримуються завислі речовини, а також відмерла біоплівка і активний мул. У верхніх шарах завантаження культивуються трубковіки. Вони забезпечують очищення від завислих речовини органічного характеру, а також продуктів життєдіяльності мікроорганізмів. Вони здійснюють регулювання росту біомаси хижаків першого порядку та продуцентів (водорості, гриби) біоценозу, що призводить до зменшення кількості садів. Надлишкова маса черв'яків може бути легко вилучена з споруди та використана як корм в рибориборстві або птахівництві [7].

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Влаштування надфільтрового шару води дає змогу культивувати у споруді вищу водну рослинність, що дозволяє довести очищенні стічні води до високих показників якості. При наявності оптимальних умов в цьому шарі можливе культивування ракоподібних (циклопів, дафній). Вони здатні споживати дрібні завислі органічні та мінеральні частинки, бактерії та водорості, чим сприяють освітленню води [7].

Технологічна схема очищення стічних вод на затопленому біофільтрі представлена на рис. 2.

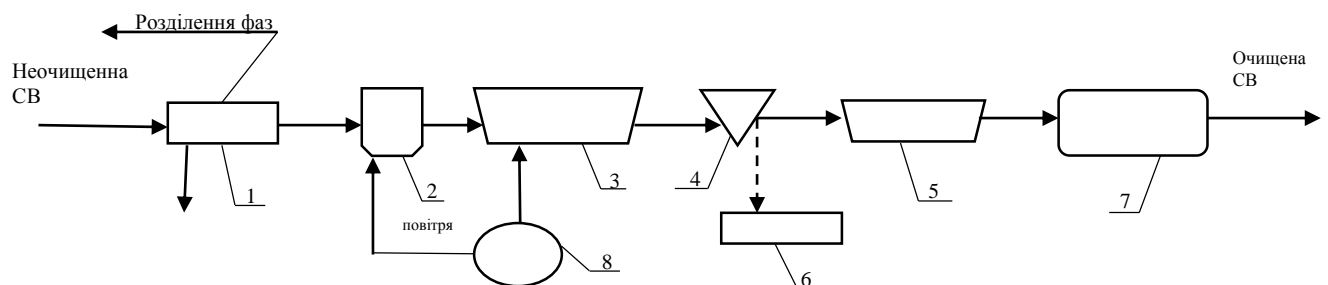


Рисунок 2 – Технологічна схема попереднього очищення стічних вод молокозаводів на затопленому біофільтрі [7] :

- 1 – блок механічного очищення (жироуловлювач, піскоуловлювач),  
 2 – усереднювач, 3 – затоплений біофільтр, 4 – відстійник, 5 – біоставок,  
 6 – блок обробки осаду, 7 – блок знезараження, 8 – компресор (повітродувка).

Стічна вода проходить блок механічного очищення (1). Потім вода направляється на усереднювач (2). Необхідність включення у технологічну схему усереднювача пояснюється високим коефіцієнтом нерівномірності надходження стічних вод ( $\kappa = 1,4-3$ ) та різкими коливаннями концентрацій, температури стічних вод. Після усереднювача стічна вода подається на очищення у біофільтрі (3). В споруді проходить процес очищення від органічних сполук, що містяться в воді в розчиненому та нерозчиненому станах. Оскільки штучно створений біоценоз біофільтра здатний мінералізувати нерозчинені органічні сполуки, то використання первинного відстійника не обов'язкове.

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дана технологія дозволяє отримати такий ефект очищення: ХСК 86-92 %, БСК<sub>повн</sub> – 88-97%, завислі речовини – 80-84%, амонійний азот – 85-98%, що дає можливість подачі даних стічних вод після доочищення на міські очисні споруди [7].

Недоліком цієї технології є можливість використання лише для невеликих об'ємів стічної води, оскільки потрібно велика площа для розміщення споруд.

### 1.2.3. Анаеробно-аеробна технологія очищення

Анаеробно-аеробна технологія забезпечує повне видалення забруднень. Це комплексна технологія, що поєднує механічне, фізико-хімічне, анаеробне і аеробне очищення. Метановому бродінню піддають або весь загальний стік, або лише його найбільш концентровану частину. Попередньо очищена стічна вода після метанового бродіння направляється в загальний стік, який очищається в аеротенках. Анаеробне очищення є головним етапом технології, адже дозволяє знизити концентрацію забруднень на 60-95% в залежності від субстрату та умов проведення процесу [9].

Метанова ферментація значно розширює діапазон стоків, що придатні до біологічного очищення. Вона дозволяє ефективно очистити стічні води з ХСК більше 2000 мг O<sub>2</sub> / дм<sup>3</sup>, тоді як аеробна – лише до 2000 мг O<sub>2</sub> / дм<sup>3</sup>. Анаеробний процес потребує меншої кількості біогенних елементів, що важливо при обробці стоків з їх дефіцитом. Стічні води з співвідношенням БСК<sub>5</sub>:N:P = (300-500):7:1 придатні для анаеробної обробки. Аеробна – додавання біогенних елементів, з доведенням цього співвідношення до 100:5:1 [5].

Температура анаеробної обробки стоків становить 45°C, що відповідає початковому значенню термофільного діапазону температур. При

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



періодичному режимі доза щодобового завантаження складала 25-50% від загального об'єму культуральної рідини реактора [9].

Час бродіння становить 3 доби. Результати очищення стічних вод в періодичному режимі: ХСК  $195 \text{ мгO}_2 / \text{дм}^3$ , кількість біогазу  $2,30 \text{ дм}^3 / \text{дм}^3$ , Вміст  $\text{CH}_4$  73,8 %, при глибині забруднення 95 % [5].

Безперервний режим бродіння стоків є більш ефективним і дозволяє не тільки вилучити концентрації забруднень та отримати додаткове джерело енергії – біогаз. Результати очищення при безперервному режимі : ХСК  $550 \text{ мгO}_2 / \text{дм}^3$ , кількість біогазу  $4 \text{ дм}^3 / \text{дм}^3$ , Вміст  $\text{CH}_4$  75 %, при глибині забруднення 87 %.

Після анаеробної стадії застосовують аеробне доочищення стічних вод.

Застосування аерації обмежується вимогами до концентрації забруднень , яка не повинна перевищувати  $2000 \text{ мг O}_2 / \text{дм}^3$  за ХСК. Тому застосування метанового бродіння як першої стадії є економічно вигідним для подальшого використання аеробного доочищення [9].

Важливим є показник навантаження на активний мул, адже при його збільшенні, погіршується ефективність очищення стічних вод.

Результати аеробного доочищення стічних вод молокозаводу: при  $\text{ХСК}_{\text{поч}}=550 \text{ мгO}_2 / \text{дм}^3$ ,  $\text{ХСК}_{\text{кінц}}= 20 \text{ мгO}_2 / \text{дм}^3$ , час аерації 8 год, навантаження на активний мул  $0,215 \text{ ХСК/г}$ , глибина очищення 97%, приріст мулу  $=203 \text{ мг/ дм}^3$ .

Анаеробно-аеробна технологія представлена на рис 3.

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

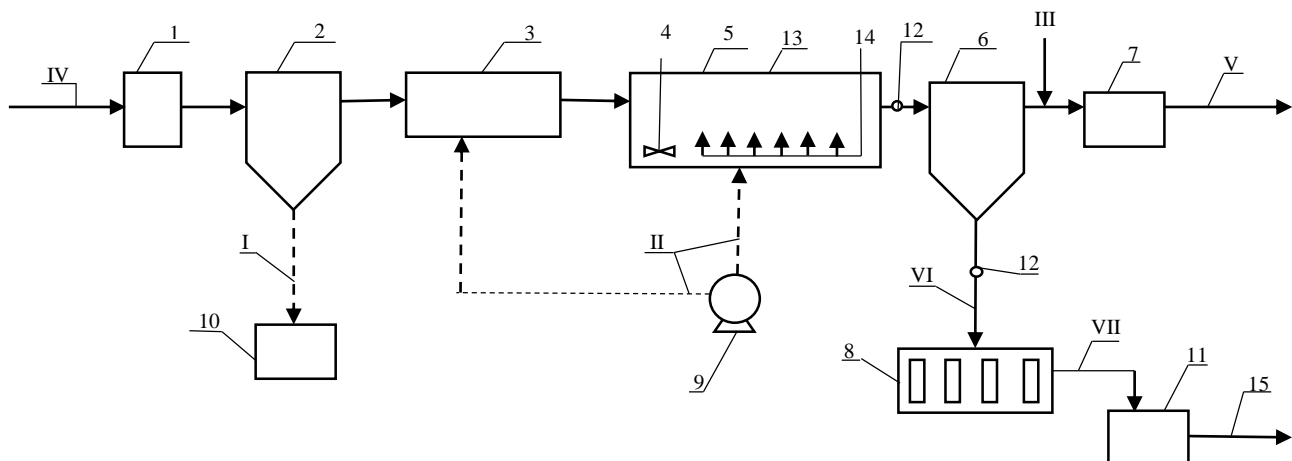


Рис. 3 Анаеробно-аеробна технологія очищення стічних вод молокозаводу [9]:

1- решітка, 2 – пісковловлювач, 3 – усереднювач, 4 – мішалка з двигуном у анаеробній зоні аеротенка, 5 – аеротенк, 6 – вторинний відстійник, 7 – контактний резервуар, 8 – фільтр-прес, 9 – повітродувна станція, 10 – піскові майданчики, 11 – майданчики для зневоднення осаду, 12 – насосна станція, 13 – волокнистий носій, 14 – система аерації, яка встановлена поперечно до руху стічних вод у аеробній зоні аеротенка, 15 – зневоднений осад на вивезення, I – піщанна пульпа, II – повітря, III – подача гіпохлориту натрію, IV – подача стічних вод на очищення, V – очищена стічна вода, VI – осад, VII – зневоднений осад.

Блок механічного очищення представляє собою решітки (1), пісковловлювач (2) та усереднювач (3). Приймається аеротенк-витиснювач. Перші анаеробні секції обладнують механічними мішалками (4), наступні аеробні – системою аерації. Аератори (14) потрібно влаштовувати перпендикулярно руху стічної води, паралельно до касет з волокнистим носієм (13). На аеробній стадії відстань носіїв між мішалками становить не менше  $0.5 R_{\text{міш.}}$ . Далі вода поступає на вторинні відстійники (6). Осад відноситься (12) насосами на фільтр-преси (8). Зневоднений осад (кек вологістю 55-65%) направлять на майданчики (11). Стічні води після біологічного очищення направляються на знезараження, після чого скидаються у водойму.

					Арк.
					18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Запропонована технологія забезпечує високу ефективність очищення стічних вод молокозаводу: від органічних забруднень ХСК – 93-96%, від азоту амонійного – 98,2-99,6% [9].

Дана технологія є економічно не вигідною, складною в реалізації.

### 1.3. Вибір технології очищення стічних вод молокозаводу

При виборі технології очищення було раховано умови приймання стічних вод у каналізаційну мережу міста Житомир.

#### Умови приймання у міську каналізаційну мережу:

- Виробничі стічні води при скиданні їх у водовідвідну мережу не повинні:
- перевищувати витрати стічних вод і вміст завислих, спливаючих речовин, установлених для конкретного промислового підприємства;
  - порушувати роботу мереж і споруд;
  - містити речовини, які здатні засмічувати труби водовідвідних мереж або відкладатися на стінках труб (окалина, вапно, пісок, гіпс, металева стружка, та т.п.);
  - чинити руйнівну дію на матеріал труб і елементи очисних споруд;
  - містити горючі домішки і розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати вибухонебезпечні суміші у водовідвідних мережах і очисних спорудах;
  - містити шкідливі речовини в концентраціях, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод або скиданню їх у водойму (з урахуванням ефективності очищення);
  - мати температуру вище 40°C;
  - мати рН за межами 6,5 - 9;
  - містити небезпечні бактеріальні забруднюючі речовини; - мати ХПК, що перевищує БСК<sub>пов</sub> більш ніж у 1,5 рази [10].

Умови приймання стічних вод представлені в таблиці 3.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Умови приймання виробничих стічних вод до міської  
системи водовідведення м. Житомир [10]*

Показники забрудненості	Концентрація в мг/дм <sup>3</sup>
pH	6,5-9
Завислі речовини	220
БСК <sub>повн</sub>	350-500
ХСК	480
Азот амонійний	20
Сухий залишок	700
Фосфати (по Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> )	8,4
Жири	7,4
ПАР	0,5
Сульфати	190

Проаналізувавши обрані технології очищення стічних вод молокозаводів та вимоги щодо складу вод, було обрано технологію електрокоагуляції-флотації.

Ефект очищення стічної води від завислих речовин становить 96-98%, від органічних речовин за ХСК -80-86%.

Перспективність використання даної технології є безсумнівна, адже розроблена технологія попереднього очищення стічних вод дозволяє ефективно очистити стічну воду від жирів, завислих і колоїдних частинок, здійснити деструкцію високомолекулярних органічних речовин до більш простих речовин. Вона забезпечує очищення стічних вод до норм скиду до міської системи водовідведення.

У результаті використання описаної технології можна отримати такі показники якості очищеної води, що задовольняють норми скиду до міської системи водовідведення.

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективність очищення стічної води молокозаводу при використанні обраної технології представлено в таблиці 4.

Таблиця 4

Ефективність очищення стічних вод молокозаводу з використання технології електрокоагуляції-флотації.

Показник	Неочищена стічна вода	Після очистки	Ефект очищення (загальний, %)
pH	9	6,7	-
ЗР, мг/дм <sup>3</sup>	350	58	98
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	1400	196	86
БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	1200	300	75
N <sub>ам</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	60	0,20	64,5
Жири, мг/дм <sup>3</sup>	100	5	94,5

Схема біологічного очищення стічних вод міста Житомир і

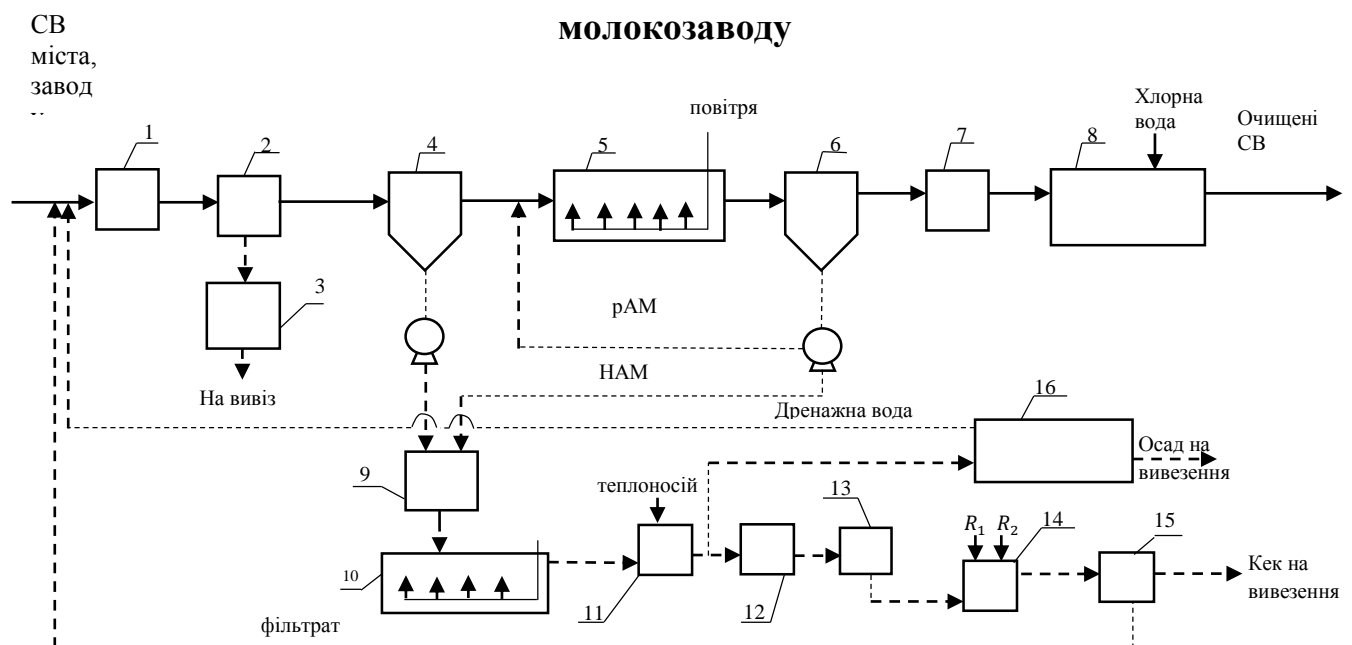


Рисунок 4 – Технологія очищення стічних вод міста Житомир і молокозаводу:

1 – решітки для грубого очищення, 2 – пісковловлювач,  
 3 – пісковий майданчик, 4 – первинний відстійник, 5 – аеротенк-  
 витиснювач, 6 – вторинний відстійник, 7 – змішувач води з знезаражуючим  
 агентом, 8 – контактний резервуар, 9 – мулоущільнювач, 10 – аеробний  
 стабілізатор, 11 – камера дегельмінтизації, 12 – промивка осаду, 13 – ущільнення  
 осаду, 14 – камера коагуляції (зневоднення осаду), 15 – фільтр-перс, 16 –  
 аварійний муловий майданчик,  $R_1$  – негашене вапно,  
 $R_2$  – коагулянт (хлорне залізо).

Технологічна схема була обрана, враховуючи витрати води, що поступають на очищення, які становлять 85 000 м<sup>3</sup>/добу.

Для забезпечення якісного очищення стічних вод до технологічної схеми входять дві складові: очищення стічних вод та обробка осадів. Очищення СВ представлено первинним, вторинним відстійниками, аеротенком-витиснювачем та подальшим хімічним доочищенням хлорною водою. Обробка осадів представлена аеробним стабілізатором, ущільненням, дегельмінтизацією та зневодненням осаду.

Спочатку вода проходить механічну очистку. Стічні води проціджують через решітки (1). Вони забезпечують непотрапляння великих домішок у труби.

Після решіток вода направляється на пісковловлювачі, що забезпечує очищення від піску під силами гравітації. Утворена на пісковловлювачах пісчана пульпа направляється на пісковий майданчик (3), а потім на вивезення.

Пройшовши механічне очищення стічні води подаються на первинний відстійник (4), де відбувається очищення води від завислих речовин. Враховуючи що витрата стічних вод становить 85000 м<sup>3</sup>/добу було обрано радіальний відстійник. Вологий осад насосом подається до аеробного стабілізатора.

Далі стічні води поступають на біологічне очищення в аеротенк-витиснювач (5). Враховуючи проведені розрахунки, обрано двохсекційний

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

двохкоридорний аеротенк, де один коридор відводиться на аерацію, інший на регенерацію.

Після очищення в аеротенку вода поступає на вторинний відстійник (6). Очищена вода потрапляє в змішувач води з незаражуючим реагентом (7). Як реагент використовують гіпохлорит натрію. Для покращення очистки, вода перебуває в контактному резервуарі (8). Очищені стічні води подають у водойму.

Надлишковий активний мул і осади з первинного і вторинного відстійників відводять в анаеробний стабілізатор (10). Перед стабілізацією осади поступають в мулоущільнювач (9). Стабілізований осад направляють в камеру дегельмінтизації (11), де обробка проводиться водяною парою. 20% осаду, що утворився подаю на аварійний муловий майданчик (16). Потім осади направляють на стадію промивання (12), далі – на ущільнення (13).

Щоб покращити відділення мулу від води, осад подають в змішувач (14), де додають коагулянт – хлорне залізо, негашене вапно. Для кращого ущільнення осаду, його подають на фільтр-прес (15), після чого осад відправляють на вивезення.

#### 1.4. Характеристика біологічного агента

Спорудами біологічного очищення є аеротенки. На сучасних станціях очистки стічних вод вони є найпоширенішими.

Аеротенк – резервуар, у якому відбувається аеробне окснення органічних речовин, якими представлені забруднення, мікроорганізмами активного мулу. Для забезпечення нормального перебігу процесу біологічного окислення у аеротенк повинен безперервно надходити кисень.

Активний мул являє собою біоценоз мікроорганізмів – мінералізаторів, які здатні сорбувати на своїй поверхні й окислювати органічні речовини стічних вод. Основний процес, що проходить при очищенні стічних вод – це біологічне окиснення [11].

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Активний мул – це дрібні пластівці (флокули, зооглеї), розміром до 2-3 мм і більше. Зооглеї розрізняються за формою: куляста, гроноподібна, деревовидна (з широкими лопатями) або представляти собою вузькі щільні тяжі. На розвиток і морфологію зооглеї впливають склад стічних вод і параметри процесу очищення. Колір пластівців від бурого-жовтого до темно-коричневого. Ймовірно, через присутність актиноміцетів активний мул має земляний запах. Аерація забезпечує підтримку пластівців активного мулу в підвішеному стані. Пластівці являють собою велику кількість багат шарово розташованих бактеріальних клітин, укладених в слиз. Слиз – це позаклітинні полімери, представлені полісахаридами, протеїнами, нуклеїновими кислотами. Завдяки реакційноздатним групам цих сполук (гідроксильним, карбоксильним, сульфгідрильним і ін.) відбувається хімічна і фізико-хімічна взаємодія пластівців мулу з розчиненими і нерозчиненими забрудненнями і швидке вилучення забруднень зі стічної води. Проте біохімічне окислення вилучених забруднень відбувається повільніше. Сумарна поверхня пластівців активного мулу досягає 100 м<sup>2</sup> на 1 г сухої речовини. Це пояснює його високу сорбційну здатність[11].

Суша речовина активного мулу на 70-90% представлена органічними речовинами і на 10-30% - мінеральними. Основну масу органічних речовин складають білки, вміст яких може досягати 70%. Кількість білкових речовин залежить від віку мулу, від виду культур мікроорганізмів, що утворюють активний мул. Вид культур мікроорганізмів визначається складом забруднень стічних вод. Крім білків, органічна частина містить ліпіди, вуглеводи, амінокислоти [10].

Біоценоз. Більшу частину мікроорганізмів біоценозу активного мулу аеротенків складають гетеротрофні флокулоутворюючі бактерії. Це зумовлен тим, що бактерії легше адаптуються до використання нових джерел живлення, здатні більшою мірою, адаптуватись до несприятливих умов. При надходженні токсичних речовин вони часто залишаються єдиними мешканцями очисних споруд [12].

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Яскравими представниками бактерій є *Zoogloea ramigera*, а також представники родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium* і ін. Більша частина бактерій активного мулу – гетеротрофи. Це представники водної біоти і незначна частка мешканців кишкового тракту людини і тварин. Патогенні мікроорганізми гинуть, адже не знаходять для себе сприятливих умов, не витримують конкуренції [11].

Також до біоценозу активного мулу входять нитчасті форми бактерій, саме вони призводять до спухання активного мулу.

До них належать хламідобактерії. Предствником, що найбільш часто зустрічається є *Sphaerotilus*. Нитки *Sphaerotilus* покриті слизовим чохлам, мають хибне розгалуження. Здатні формувати довгі нитки. Такою властивістю володіють також безбарвні сірчані бактерії (родів *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Leucothrix* і ін.). Їх відносяться до групи ковзаючих бактерій.

В активному мулі присутні також фототрофні прокаріоти – ціанобактерії (*Cyanobacterium*), які переходять до гетеротрофного харчуванню. Часто в активному мулі зустрічаються ціанобактерії *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Nostoc*, *Osdllatoria*.

Ціанобактерії і хламідобактерії, в надмірних кількостях, викликають спухання мулу. Вони є свого роду індикаторами.

Активний мул також населяють гриби. Гриби розвиваються при наявності кислого середовища. Представниками дріжджеподібних грибів є *Trichosporon*, *Rhodotorula*, *Candida*. З міцеліальних грибів трапляються *Trichoderma*, *Geotrichum*, *Cladosporium*. Вони беруть участь в очищенні води . *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Fusarium* не відіграють важливу роль в очищенні і при їх виявленні вважають, що вони потрапили випадково [11].

Остаточо не встановлено роль актиноміцетів, проте при очищенні деяких стоків вони присутні в значній кількості. Особливо представники роду *Gordonia* (раніше називалися *Nocardia*).

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характерними представниками біоценозу активного мулу є не тільки бактерії, водорості, гриби і актиноміцети, а також наступні типи (підтипи) організмів: саркодові (*Sarcodina*), жгутикові (*Flagellata*), війчасті інфузорії (*Ciliata*), сисні інфузорії (*Suctoria*), коловертки (*Rotifera*), первиннополосні (*Nematoda*) і вториннопорожнинні черви (*Oligochaeta*), водні кліщі класу павукоподібних (*Arachnida*), тихоходки (*Tardigrada*), черевовійчасті черви (*Gastrotricha*) [11].

Параметри. Одним з основних параметрів є концентрація кисню. Подача повітря повинна забезпечувати постійну наявність в воді розчиненого кисню не менше 2 мг/дм<sup>3</sup> [12].

Витрата повітря на очистку 1 м<sup>3</sup> стічних вод становить від 3,5 до 15 м<sup>3</sup>.

Оптимальна температура для аеробних процесів становить 20-30°C.

Не менш важливим є значення рН. Значна частина бактерій краще розмножується в середовищі з нейтральним значенням рН або близьким до нього, а саме рН 6,5-7,5. В кислому середовищі, коли рН 4,0-6,0, можуть розвиватися гриби і дріжджі, в слаболужному – актиноміцети [11].

Потреба в основних біогенних елементах зазвичай оцінюється співвідношенням БСК: N: P, яке повинно становити 100: 5: 1.

Доза мулу зазвичай підтримується на рівні 2-3 г/дм<sup>3</sup>. На рисунках 5-7 наведено мікрофотознімки представників активного мулу.

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

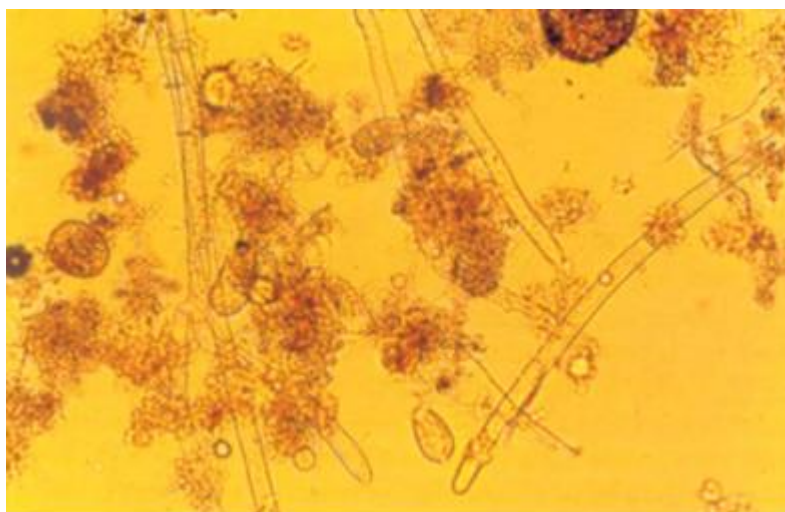


Рисунок 5 – сапрофітні гриби активного мулу (мікрофотознімок)

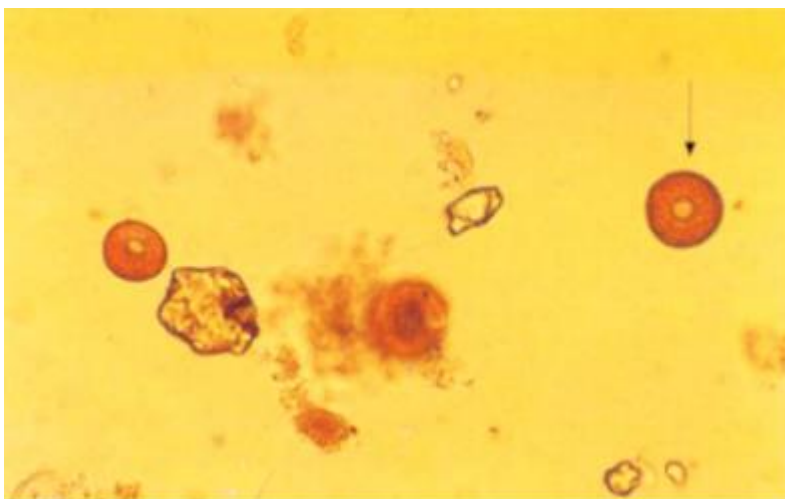


Рисунок 6 – раковинна амеба *Arcella vulgaris*(мікрофотознімок)



Рисунок 7 – Колоніальна форма кругловічастих інфузорій

## РОЗДІЛ 2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ТА МОЛОКОЗАВОДУ

### 2.1. Біохімічні процеси, які перебігають при аеробному окисненні органічних речовин забруднень активним мулом

Процес вилучення забруднень в стічній воді, що надходять в аеротенк, можна розділити на три стадії.

На першій стадії відбувається дифузія забруднень з рідкої фази і сорбція їх на поверхні пластівців активного мулу. Швидкість цього процесу залежить від гідродинамічної обстановки в аеротенку. Сорбція забруднень відбувається дуже швидко. Вже через кілька хвилин контакту стічної води з муловою сумішшю концентрація забруднень значно знижується.

На другій стадії сорбовані речовини надходять всередину клітин. Залежно від виду організму і забруднень, що поглинались, перенесення речовин може відбуватись дифузією, активним транспортом або фагоцитозом. Макромолекули розщеплюються на більш дрібні фрагменти, що секретуються клітинами. Тверді частинки також сорбуються на поверхні пластівців активного мулу, а далі або споживаються найпростішими, або, якщо це органічні речовини, можуть розщеплюватися екзоферментами.

На третій стадії відбувається катаболізм (розщеплення) забруднюючих речовин до простих з'єднань. Цей процес супроводжується виділенням енергії і утворенням атомів водню, електронів, гідрид-іонів. Утворені відновні еквіваленти та енергія використовуються в процесах біосинтезу (анаболізмі). Відбувається приріст активного мулу.

Механізм біологічного окиснення відбувається гетеротрофними і автотрофними бактеріям.

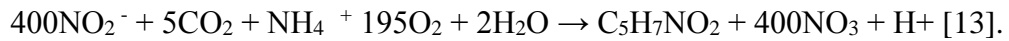
Процес окиснення гетеротрофними бактеріями можна представити наступною формулою:

Органічні речовини + O<sub>2</sub> + N + P → Мікроорганізми + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O +  
Біологічно неокиснювані речовини [13].

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мікроорганізми + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + N + P + Біологічно неруйнівна частина клітинної речовини.

Прикладом окиснення автотрофних бактерій є нітрифікація:



Катаболізм вуглеводів. До складу стічних вод можуть входити моносахариди і полісахариди. Більша частина мікроорганізмів здатна утилізувати моносахариди. Гексози засвоюються легше, ніж пентози. З гексоз найлегше утилізується глюкоза. На відмінну від глюкози галактозу засвоюють не всі мікроорганізми. З пентоз засвоюється ксилоза [11].

Основними шляхами перетворення моносахаридів є гліколіз, пентозофосфатний шлях і шлях Ентнера - Дудорова.

Олігосахариди, полісахариди розщеплюються мікроорганізмами, що мають відповідні гідролітичні ферменти. Амілаза каталізує розщеплення крохмалю. Її здатні синтезувати багато грибів і бактерії [11].

Бактерії і гриби в аеробних умовах розщеплюють целюлозу і геміцелюлозу. Серед бактерій основну роль відіграють ковзаючі бактерії, які пересуваються внаслідок нерівномірного виділення слизу поверхнею клітин. Це представники штамів *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, *Sorangium*, *Cellulomonas*, миксобактерии і ін.

Частина з них здатна продукувати фермент (целюлаза) в навколишнє середовище, інші здійснюють розщеплення ферменту тільки в безпосередньому контакті з нею. Клітковину розщеплюють гриби *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger*, *Fusarium spp.* Вони виділяють ферменти в навколишнє середовище.

Геміцелюлози розщеплюються більш активно, ніж целюлоза.

Пектинові речовини розщеплюються бактеріями, здатними утворювати пектиназу. Серед них представники родів *Bacillus polymyxa*, *Clostridium felsineum*.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Катаболізм жирів. Багато мікроорганізмів здатні розщеплювати жири. Під дією ліпаз жири гідролізуються до гліцерину і жирних кислот. Гліцерин далі окислюється до піровиноградної кислоти. Жирні кислоти розпадаються під впливом  $\beta$ -окиснення з послідовним відщепленням двохвуглецевого фрагмента - ацетил-СоА. Активний мінералізатор жирів є *Pseudomonas fluorescens*. Крім того, в розкладанні жирів беруть участь *Bacillus fluorescens*, *Pseudomonas liguefaciens*, *Achromobacter lipolyticum*, а також інші бактерії і гриби [11].

Катаболізм вуглеводнів. У більшості випадків розкладання аліфатичних вуглеводнів починається з окислення кінцевої метильної групи в первинну спиртову і протікає тільки в присутності молекулярного кисню. Для здійснення цієї стадії мікроорганізми повинні мати ферменти оксигенази. Спирти далі окислюються до жирних кислот.

Метан окислюється специфічною групою мікроорганізмів, які не використовують інші органічні сполуки, за винятком метанолу. Це процес здійснюють представники родів *Methylomonas*, *Methylobacter*, *Methylococcus*.

Етан, пропан, бутан окислюються легше метану, найважче окислюються алкани з числом вуглецевих атомів від 5 до 10. У міру подовження ланцюга зростає число мікроорганізмів, здатних засвоювати відповідне з'єднання. Цей процес здатні проводити бактерії *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, а також дріжджі роду *Candida*.

Мікроорганізмам також доступні розгалужені похідні аліфатичних вуглеводнів.

Алкани з парним числом замісників розкладаються гірше, ніж з непарним. Заміщення довшою водневою групою, ніж метильна підвищує стійкість до мікробіологічного впливу.

Більшість ароматичних сполук перетворюється на першому етапі в катехол або протокатехову кислоту, яка служить субстратом для наступних реакцій окисного розщеплення. Ферменти, що каталізують розщеплення

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ароматичного кільця, є індукцибельними. Проте вони синтезуються клітиною тільки під час росту на середовищах, що містять в своєму складі ароматичні сполуки. При цьому поліциклічні ароматичні сполуки (нафталін, фенантрен, антрацен) менш токсичні і схильні до дії більшої кількості мікроорганізмів, ніж моноароматичні. До окислення ароматичних вуглеводнів здатні представники родів *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Aspergillus*, *Penicillium*.

Детергенти і пестициди можуть використовуватися штамми мікобактерій, мікрококів. Ці вуглеводні є надзвичайно стійкими до мікробіологічного впливу. У воді та ґрунті зберігаються протягом багатьох років. Також важко піддаються біологічному окисленню ароматичні сполуки, що містять в кільці галогени і нітрогрупи [11].

## 2.2. Характеристика очищеної стічної води

Готовим продуктом є очищена суміш стічних вод молокозаводу і міста. Очищена вода містить допустимі концентрації до скиду в водойму. Вода не містить токсичних, радіоактивних речовин, солі важких металів. Має температуру не більше 40 °С та задовольняє показники по таким параметрам як: колір, запах, мутність.

Після очищення концентрація завислих речовин в суміші стічних вод становить 26 мг/дм<sup>3</sup>, значення БСК<sub>повн</sub> = 35 мг/дм<sup>3</sup>. Отримані значення свідчать про достатність біологічного очищення, а повне біологічне очищення дозволить досягти значень БСК<sub>повн</sub> = 15 мг/дм<sup>3</sup>.

Вони не потребують біологічного доочищення і допускаються до скиду у водойму.

Після очищення суміш стічних вод подається у водойму господарсько-побутового використання. Ця вода використовується для купання, заняття спортом і відпочинку.

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1. Сировина та матеріали

До напівпродуктів, які утворюються в результаті очищення стічних вод, а саме після процесів первинного та вторинного відстоювання, належать надлишковий активний мул та сирий осад.

Таблиця 3.1. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Показники, що обов'язкові для перевірки, та їх нормативне значення	Примітка показник
1. Основна сировина:			
1	2	3	4
1.1. Суміш стічних вод міста і молокозаводу	Робочий проект II черги розширення і реконструкції загальноузлових об'єктів водопостачання і каналізації, ГП «Укрводоканалпроект», 1990 р.	Витрата стічних вод, м <sup>3</sup> /доб	85000
	ДБН В.2.5 -75:2013 Правила прийому стічних вод на канлізаційні очисні споруди	Температура, С	10-40
		рН, од. рН	6,5-9
		Масова концентрація зважених речовин, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	700
		ХСК, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	480
		БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup> , не більше	350



Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
1.2 Вода водопровідна	Технологічний регламент системи водокористування КДМ-1, 2008 р.	Температура, С, не більше	30
		рН, од. рН	6,5-8,0
		Загальна жорсткість, мг-екв/дм <sup>3</sup> , не більше	3,5
		Запах, бал	0
		Кольоровість, ПКШ, не більше	50
		Масова концентрація зв'язаних речовин, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	20,0
		Перманганатне окиснення, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	80,0
		ХСК, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	120,0
		БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup> , не більше	20,0
		Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	20,0

Продовження табл. 3.1

2. Допоміжна сировина			
1	2	3	4
2.1 Хлорид заліза, 10%, технічний	ТУ У 24.1-05444552-045-2005	Зовнішній вид	Рідина темно-червоного кольору
		Масова концентрація активного хлору, г/дм <sup>3</sup> , не менше	190
2.2 Негашене вапно	ДСТУ Б В.2.7-90:2011 Вапно будівельне. Технічні умови	Зовнішній вигляд	Білий порошкоподібний продукт із різким запахом хлору
		Вміст активного хлору, %, не менше	30

					Арк.
					33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

3.Напівпродукти			
3.1 Осад	СанПіН 2.1.7.573 -96	pH	5,5-8,5
		Яйця гельмінтів	0
		Патогенні ентеробактерії кліт ин	0

### 3.2. Опис технологічного процесу

#### *ДР 1 Підготовка повітря для аерації*

При подачі повітря в реактори необхідно забезпечити виконання чотирьох основних операцій:

- стиснення повітря для подолання опору повітроводів та арматури;
- регулювання температури та вологості ;
- видалення пилу та інших завислих у повітрі частинок.

#### *ДР 1.1 Забір повітря*

Здійснюється забір атмосферного повітря за допомогою труб, що знаходяться за межами повітродувної станції, з точкою забору 4-6 м вище рівня землі. Забір повітря відбувається при мінімальній температурі -20°C, максимальній +40°C.

#### *ДР 1.2 Фільтрування повітря*

Повітря очищується крізь волокнистий фільтр, що затримує пил, механічні часточки. Фільтрувальним матеріалом є тканина Петрянова (ФПП-15-30) з максимальним діаметром часток, що затримуються 1,5 мкм, ефективністю очищення 98%. Проводиться контроль ефективності очищення. Повітря направляється на старі. ДР 1.3.

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### *ДР 1.3 Компресування повітря*

В ході даного процесу відбувається стискання повітря під тиском, який менший за атмосферний. Для компресування повітря застосовують повітродувки з продуктивністю від 2 -190 м<sup>3</sup>/хв. Із стисненим повітрям до 2,5 бар (2,5кПа). На даній стадії щогодини здійснюється технологічний контроль - контроль тиску за допомогою технічного параметру. Повітря направляється на стадії ТП 8, ТП 12.2, ТП 12.5.

### *ДР 2 Приготування розчину гіпохлориту натрію*

Для обробки побутових стічних вод застосовують розчин гіпохлориту натрію, яку готують наступним чином : гіпохлорит натрію, що представляє собою тверду масу з безбарвних кристалів, розчиняють у воді.

Гіпохлорит натрію потужний окислювач, в якому кількість активного хлору становить 95,2 %. Відповідно до ДБН В 2.5-75:2013 розрахункова доза активного хлору для біологічного очищення стічних вод становить 3 г/дм<sup>3</sup> . На даній стадії здійснюється технологічний контроль - концентрації розчину. Розчин подається до ТП 10.

### *ДР 3 Підготовка розчину коагулянту*

При обробці НАМ та осадів стічних вод застосовують коагулянти хлориду заліза (ІІІ) марки Б, що виробляється в Україні згідно ТУ У 24.1-05444552-045-2005. При використанні цієї солі в якості коагулянту утворюються малорозчинні у воді гідроксиди заліза, які сорбують на розвиненій пластинчастій поверхні зважені, дрібнодисперсні і колоїдні речовини і при сприятливих умовах осідають на дно відстійника, що призводить до утворення осаду. Розчин направляють на ПВ 12.4.

### *ДР 4 Підготовка розчину негашеного вапна*

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Негашене вапно є найбільш поширеним реагентом для стабілізації осадів завдяки низькій ціні. Воно має антибактеріальну дію. Додавання вапна призводить до збільшення значення рН, що пригнічує ріст і розвиток мікроорганізмів. Оптимальна доза вапна становить 30% від сухого залишку осаду.

Розчин подають до ПВ 12.5. На даному етапі проводиться технологічний контроль за концентрацією реагенту.

### *ТП 5 Стадія механічної очистки*

Стічна вода проходить механічну очистку. Стічні води проціджують через решітки-дробарки. Їх встановлюють з метою запобігання потрапляння великих домішок у труби і канали.

#### *ТП 5.1 Очищення на решітках-дробарках*

Решітки встановлюються в розширених каналах перед пісковловлювачами. Швидкість потоку рідини в решітці становить до 0,8-1,0 м/с. Тривалість роботи до 12 год. Пропускна здатність - до 85000 м /добу. Передбачається встановлення двох агрегатів, з яких один - постійно діючий, інший – запасний. На даному етапі здійснюється технологічний контроль пропускної здатності ґраток, що свідчить про ступінь контамінації ґраток крупними домішками.

#### *ТП 5.2 Очищення на пісковловлювачах*

Пісковловлювачі є обов'язковими, оскільки пісок та інші важкі мінеральні речовини негативно впливають на роботу відстійників. Оптимальна швидкість руху води в горизонтальних пісколовках 0,15-0,3 м/с, гідравлічна крупність затриманого піску складає 18,7-24,2 м/с, на виході з пісколовок кожна секція обладнана гідравлічним затвором. Для видалення піску секції пісколовок обладнані скребковим механізмом, за допомогою якого пісок згрібається з днища та підводиться до бункера, що розташований

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на початку секції. Видалення піску із бункера здійснюється періодично (двічі на добу) гідроелеватором. Насосна станція пісколовок, в якій встановлено 2 насоси марки Д200/95 забезпечує гідроелеватор робочою водою із відповідного каналу після вторинних відстійників. Піскова пульпа видаляється на піскові майданчики, які являють собою дренавані обваловані ділянки. Вони розташовуються близько до пісколовок. Дренажна вода з піскових майданчиків перекачується насосами в голову очисної споруди.

### *ТП 6 Очищення в первинних відстійниках*

Стічні води після решіток і пісковловлювачів містять у значній кількості завислі речовини - нерозчинні грубодисперсні домішки з густиною, відмінною від густини води, які знаходяться у завислому і плаваючому стані. Для запобігання підвищеному приросту активного мулу в аеротенках концентрація завислих речовин в стічних водах перед цією спорудою не повинна перевищувати 100-150 мг/дм<sup>3</sup>. Ефективність видалення завислих речовин становить 26 %. Радіальні відстійники мають діаметр 24 м, діаметр розподільного пристрою 1.6 м, гідравлічна глибина 3.4 м, висота зони осаду 0.3 м, об'єм зони осаду 210 м<sup>3</sup>. Концентрація завислих речовин 140 мг/дм<sup>3</sup>. На даному етапі проводиться технологічний контроль.

### *ТП 8 Очистка стічних вод в аеротенку-витиснювачі*

За схемою активний мул подається безпосередньо на вхід в аеротенк, туди ж подається і стічна вода після первинного відстоювання. З ТП 6 вода подається на очищення в аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу. До аеротенку підводиться повітродувна станція для аерування суміші і підтримки її у завислому стані повітрям, яке підготовлене на стадії ДР 1. Аеротенк влаштовується у вигляді прямокутного резервуара, розділеного поздовжніми перегородками на окремі коридори, по яким мулова суміш протікає від входу в аеротенк до виходу з нього при постійному перемішуванні

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та насиченням киснем. На цій стадії контролюється інтенсивність аерації, рН стічної води і температура двічі на добу. БСК<sub>пов</sub> стічних вод, що надходять в аеротенк становлять 269 мг/дм<sup>3</sup>.

### *ТП 8 Відстоювання у вторинних відстійниках*

Вода із надлишковим активним мулом потрапляє до розподільчого каналу вторинних відстійників, а потім на розподільчу чашу кожної групи відстійників і через водозлив з широким порогом – до самих відстійників. Відстоювання відбувається протягом 1,5 годин. Рециркулюючий активний мул повертається на вхід до аеротенку ТП 8. Надлишковий активний мул, що накопичується у вторинному відстійнику вилучається і направляється на стадію ПВ 12.2.

На даній стадії проводиться технологічний контроль.

### *ТП 9 Знезараження очищеної стічної води*

#### *ТП 9.1 Знезараження очищеної стічної води*

Гіпохлорит натрію надходить в споруду у вигляді розчину з концентрацією 3 мг/дм<sup>3</sup>.

Підтримання заданої концентрації гіпохлориту натрію можна забезпечити з використанням системи автоматичного регулювання дозування. Експлуатація приміщень, в яких розміщують хлоратори, вимагають суворого дотримання правил техніки безпеки. Час обробки 30 хв.

#### *ТП 9.2 Змішування води з реагентом в контактному резервуарі*

Знезараження води проводиться шляхом обробки побутових стічних вод розчином гіпохлориту натрію із стадії ДР 2. Час контакту стічної води з розчином гіпохлориту натрію становить 30 хв. Кількість споруд обирається не

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менше 2. Контролюються усі показники за нормами спуску вод у природні водойми:  $C(\text{активного хлору}) = 3 \text{ мг/м}^3$ . Очищена вода після знезараження скидається у водойму.

### *ПВ 10 Обробка надлишково активного мулу та осаду*

#### *ПВ 10.1 Ущільнення надлишкового активного мулу*

Для відділення мулової води стабілізованого мулу передбачена стадія ущільнення. Мул під дією сили тяжіння осідає на дно та видаляється насосом на подальшу обробку. Тривалість ущільнення  $t_y = 5$  годин. На даній стадії проводиться технічний контроль.

#### *ПВ 10.2 Аеробна стабілізація надлишково активного мулу і осаду*

Аеробна стабілізація осадів полягає в тривалій аерації в спорудах типу аеротенків, в результаті чого відбувається розкладання значної частини органічних речовин до кінцевих продуктів –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , ін. Вміст патогенних мікроорганізмів і вірусів при цьому знижується на 70-90%, проте яйця гельмінтів не гинуть. Тривалість перебування осадів в стабілізаторі 7 діб. Залишкові органічні речовини стабілізуються тобто втрачають здатність до загнивання. Біохімічному розпаду піддається біля 65-80% беззольної речовини активного мулу. Вологість ущільненого осаду 96,5-98,5%.

#### *ПВ 10.3 Дегельмінтизація ущільненого осаду та мулу*

Дегельмінтизація ущільненого осаду відбувається за рахунок гарячої пари при температурі  $65^\circ\text{C}$ , протягом 20 хв. В наслідок чого гинуть яйця гельмінтів, а також відбувається пригнічення розвитку патогенних мікроорганізмів та вірусів.

#### *ПВ 10.4 Промивання осаду*

						Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Промивання осаду здійснюється очищеною водою, що поступає з стадії ТП10. Тривалість процесу 30 хв. Далі осад подається на ПВ 12.5.

#### *ПВ 10.5 Ущільнення осаду*

Промитий осад ущільнюється шляхом відстоювання. Процес триває 12 год. Осад подається на стадію ПВ 10.6. Мулова вода до ТП 5.1.

#### *ПВ 10.6 Змішування води з коагулянтном*

В якості реагенту для коагуляції використовуємо попередньо підготовлений на стадії ДРЗ розчин хлориду заліза (ІІІ) , що взаємодіє з утворенням пластівців осаду гідроксидів заліза. Також додають гашене вапно. Поєднання двох реагентів забезпечує якіснішу коагуляцію води. Гідроксиди об'єднуються з частинками осаду, сприяючи їх ефективній коагуляції і покращенню водовіддаючих властивостей перед вакуум-фільтрацією.

#### *ПВ 10.7 Зневоднення осаду на вакуум-фільтрах*

Після попередньої обробки осад подається на барабанні вакуум- фільтри безперервної дії. Вакуум-насоси забезпечують необхідне для зневоднення осаду розрідження  $p = 0,05$  МПа. Для відділення осаду з фільтрувальної тканини використовують стиснене повітря. Тривалість фільтроциклу при цьому становить  $t = 3-4$  хв. Утворений фільтрат відводиться до ТП5.1. Вологість осаду становить 65%. Утворений кек направляють на вивезення.

#### *ЗВ 11 Підсушування на аварійних мулових майданчиках*

У випадку аварії на станції механічного зневоднення для підсушування осаду зі стадії ПВ 12.3 передбачені мулові майданчики. Площа мулових майданчиків розраховується на 20% від річної кількості осаду, що надходить на станцію. Дренажна вода направляється на ТП5.1. Зневоднений осад на вивезення.

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3В 12 Підсушування на піскових майданчиках

На піскові майданчики поступає піщана пульпа від ТП 5.2. Дренажна вода насосами подається на стадію ТП 5.1. Пісок відправляють на вивезення.

### 3.3.Контроль виробництва

Параметри контролю виробництва, що визначаються наведені в таблиці.

Таблиця 3.2. - Точки і параметри контролю виробництва

№	Назва стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Методи контролю	Метод контролю параметра, тип приладу
1	2	3	4	5	6	7
1	Попередньо очищені виробничі стічні води та стічні води міста	Витрати стічних вод, м <sup>3</sup> /добу	1 раз на добу	85000, $\delta = \pm 3\%$	K <sub>т</sub>	Акустичний витратомір ЕХО-Р-02, клас точності 3
		рН	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	6,7-8 $\delta = \pm 0,05$	K <sub>х</sub>	Іономір лабораторний І-160. Клас точності 3.
		Масова концентрація завислих речовин, мг/дм <sup>3</sup>	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	202 $\delta = \pm 10\%$	K <sub>х</sub>	КНД 211.1.4.039-95

		Температура , °C	Кожні 2 години, і 1 раз на добу (середньо-добова проба)	Не більше 40, $\Delta = \pm 0,1$ °C	K <sub>T</sub>	МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1C
--	--	------------------------	---	--	----------------	---

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
		ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	2 рази на тиждень	480 $\delta = \pm(15-30)\%$	K <sub>x</sub>	КНД 211.1.4.021-95
		БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	2 рази на тиждень	255 $\Delta = \pm(2,4-4000)\%$	K <sub>x</sub>	КНД 211.1.4.024-95
2	Підготовка аераційного повітря	Робочий тиск нагнітання в повітродувці, Мпа	1 раз за годину	2,5 $\delta = \pm 2,5\%$	K <sub>T</sub>	Манометр ОБМ1-100 Межа вимірювання 0-1 Клас точності 2,5
3	Підготовка гіпохлориту натрію	Масова концентрація, г/дм <sup>3</sup>	1 раз на годину	3 $\delta = \pm(10-15)\%$	K <sub>x</sub>	Концентратомір КОХ-1

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4	Підготовка 10% розчину хлорного заліза	Масова концентрація хлорного заліза, мг/дм <sup>3</sup>	1 раз на годину	10 $\delta = \pm(10-15)\%$	K <sub>x</sub>	Концентратомір КОХ-1
---	--	---	-----------------	-------------------------------	----------------	----------------------

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
5	Очищення на піскоуловлювачах	Масова концентрація піску та мінеральних домішок на вході мг/дм <sup>3</sup>	1 раз на добу	2,5 $\delta = \pm 5\%$	K <sub>T</sub>	КНД 211.1.4.045-95
		Масова концентрація піску та мінеральних домішок на виході мг/дм <sup>3</sup>	1 раз на добу	0,8 $\delta = \pm 5\%$	K <sub>T</sub>	КНД 211.1.4.045-95
5	Первинне відстоювання	Масова концентрація завислих речовин на вході мг/дм <sup>3</sup>	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	202 $\delta = \pm 10\%$	K <sub>T</sub>	КНД 211.1.4.039-95

		Масова концентрація завислих речовин на виході мг/дм <sup>3</sup>	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	150 $\delta = \pm 10\%$	К <sub>т</sub>	КНД 211.1.4.039-95
6	Біологічне очищення в аеротенку	Муловий індекс, см <sup>3</sup> /г	1 раз у добову зміну	85	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Доза активного мулу, г/дм <sup>3</sup>	3 рази на тиждень	2,5	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4	5	6	7
		pH	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	6,7-8 $\delta = \pm 0,1$	К <sub>x</sub>	МВВ № 081/12-0317-06 Іономір лабораторний I-160
		Температура, °C	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	17-20 $\Delta = \pm 0,1\%$	К <sub>т</sub>	МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1C
7	Вторинне відстоювання	Вологість надлишкового активного мулу, %	3 рази на тиждень	99,2-99,7	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		Ступінь рециркуляції	4 рази на тиждень	0,3	K <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
8	Змішування очищеної води з гіпохлоритом	Доза активного хлору, мг/дм <sup>3</sup>	1 раз на добу	3	K <sub>х</sub>	Дозатор-витратомір 8010

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4	5	6	7
10	Ущільнення НАМ	Вологість , %	1 раз на тиждень	98	K <sub>х</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
11	Аеробна стабілізація осаду	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	98,5	K <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Мікроскопіювання осаду	1 раз на тиждень		K <sub>х</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

						йних очисних споруд
12	Ущільнення осаду	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	96,5	K <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4	5	6	7
13	Реагентне кондиціонування осаду	Масова концентрація хлорного заліза, г/дм <sup>3</sup>	1 раз на добу	3	K <sub>т</sub>	Концентратомір КОХ-1
		Концентрація негашеного вапна	1 раз на добу	30	K <sub>х</sub>	Дозатор-витратомір 8011

					Арк. 46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

11	Зневоднення на фільтр-пресі	Вологість осаду, %	1 раз на тиждень	65	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Робочий тиск, МПа	1 раз на годину	0.05	К <sub>т</sub>	Манометр ОБМІ-100

### 3.4 Матеріальний баланс

Під час очищення стічних вод молокозаводу використовують реагенти, такі як: негашене вапно, гіпохлорит натрію, хлорне залізо. Ці реагенти призводять до утворення великої кількості осадів. Витрати та надходження матеріальних ресурсів та відповідності їх обсягів зображені в таблиці.

Таблиця 3.4

#### Матеріальний баланс виробництва

Використано					Отримано				
Стадія	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість			Стадія	Назва кінцевого продукту або напівпродукту,	Кількість		
		кг/ м³ СВ	м³/ добу	кг			Кг/ м³	м³/ добу	кг
Механічне очищення суміші стічних вод	Стічна вода	---	85000	---	Механічне очищення суміші стічних вод	Стічна вода	---	84894	---
	Завислі речовини	0,202	---	3140		Завислі речовини	0,140	---	2856
	БСК <sub>пов</sub>	0,255	---	2602		БСК <sub>пов</sub>	---	---	---
	Пісок	---	---	2500		Пісок	---	---	---
					Вилучено	Завислі речовини и БСК <sub>пов</sub>		56	2856
						Пісок			2500
					Втрати	Стічна вода		50	---
						Забруднювачі		---	30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Всього			85000	8242	Всього		85000	8242
Біологіч не очищен ня суміші СВ	Стічна вода Завислі речовини БСК <sub>пов</sub> Приріст біомаси	---	84894	---	Біологіч не очищенн я суміші СВ	Стічна вода Завислі речовини БСК <sub>пов</sub> Приріст біомаси	---	84779
		0,140	---	2856			0,001	---
		0,217	---	2400			0,0015	---
		0,17	---	3468			---	---
					Вилучен о	Завислі речовини БСК <sub>пов</sub> Біомаси	---	50
							---	---
							---	---
					Втрати	Стічна вода Забрудн ювачі	---	65
							---	---
Всього			84894	8724	Всього		84894	8724



## РОЗДІЛ 4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

### 4.1.Розрахункові витрати стічних вод

Згідно завдання середня витрата стічних вод міста і підприємства складає:

$$Q_{\text{сер,доб}} = 85\,000 \text{ м}^3 / \text{доб}$$

Середньогодинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер год}} = \frac{Q_{\text{сер доб}}}{24} = \frac{85\,000}{24} = 3542 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$q_{\text{сер с}} = \frac{Q_{\text{сер год}}}{3600} = \frac{3542}{3600} = 0,9839 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Середньосекундна витрата в  $\text{дм}^3$  становить:

$$q_{\text{сер с}} = \frac{Q_{\text{сер год}}}{3600} \cdot 1000 = 983,9 = 984 \text{ дм}^3 / \text{с}$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод становлять:

$$q_{\text{max с}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сер.с}} = 1,47 \cdot 984 = 1446 \text{ дм}^3 / \text{с}$$

$$q_{\text{min с}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сер.с}} = 0,689 \cdot 984 = 678 \text{ дм}^3 / \text{с}$$

де  $q_{\text{сер.с}}=984$  – середньосекундна витрата господарсько-побутових стічних вод,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;  $K_{\text{max}}$  і  $K_{\text{min}}$  - коефіцієнти нерівномірності водовідведення, визначаємо за ДБН В.2.5-75:2013 [1] :  $K_{\text{max}}=1,47$  і  $K_{\text{min}}=0,689$ .

Максимальна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{max год}} = 3,6 \cdot q_{\text{max.с}} = 3,6 \cdot 1446 = 5206 \text{ м}^3 / \text{с}$$

### Розрахункові концентрації забруднень стічних вод

Концентрація забруднень господарсько-побутових стічних вод визначається за формулою:

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{поб}}}, \text{мг/дм}^3,$$

де а – кількість забруднюючих речовин на одного жителя, г/доб.; N – кількість жителів міста, визначається з врахуванням норми водовідведення – 300 дм<sup>3</sup>/доб·люд.;  $Q_{\text{поб}}$  – витрата господарсько-побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

$$\text{де } N = \frac{Q_{\text{сер.доб}}^{\text{поб}}}{a} \cdot 1000 = \frac{77000}{300} \cdot 1000 = 257000 \text{ чол}$$

Згідно ДБН отримуємо наступні значення норм забруднень для господарсько-побутових стічних вод:

$$a_{\text{зав.реч.}} = 65 \frac{\text{г}}{\text{люд} \cdot \text{доба}}$$

$$a_{\text{БСК}} = 75 \frac{\text{г}}{\text{люд} \cdot \text{доба}}$$

$$a_{\text{ПАР}} = 2,5 \frac{\text{г}}{\text{люд} \cdot \text{доба}}$$

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{зр}} = \frac{a_{\text{зр}} \cdot N}{Q_{\text{сер.доб}}^{\text{поб}}} = \frac{65 \cdot 256667}{77000} = 217, \text{мг/дм}^3$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{БСК}} = \frac{a_{\text{БСК}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{75 \cdot 257000}{77\,000} = 250 \text{ мг/дм}^3$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{ПАР}} = \frac{a_{\text{ПАР}} \cdot N}{Q_{\text{сер.доб}}^{\text{поб}}} = \frac{2,5 \cdot 256667}{77000} = 8,33 \text{ мг/дм}^3$$

Концентрація забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод визначається за формулою:

$$C_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{мг/дм}^3,$$

					Арк.
					50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

де  $C_{\text{вир}}$  – концентрація забруднень у виробничих стічних водах після їх очищення на локальних очисних спорудах, мг/дм<sup>3</sup>;  $Q_{\text{вир}}$  – витрата виробничих стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

Концентрація завислих речовин у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,ЗР}} = \frac{C_{\text{ЗР}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир,ЗР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{мг/дм}^3.$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,БСК}} = \frac{C_{\text{БСК}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир,БСК}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{мг/дм}^3.$$

Концентрація ПАР у суміші стічних водах:

$$C_{\text{сум,ПАР}} = \frac{C_{\text{ПАР}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{вир,ПАР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}}, \text{мг/дм}^3.$$

Враховуючі дані з таблиці 2 приймаємо відповідні концентрації забруднень стічних вод виробництва та розраховуємо концентрації забруднень в суміші стічних вод міста і підприємства:

$$C_{\text{сум,ЗР}} = \frac{C_{\text{ЗР}}^{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{ЗР}}^{\text{вир}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{217 \cdot 77000 + 58 \cdot 8000}{85000} = 202 \text{ мг/дм}^3;$$

$$C_{\text{сум,БСК}_{\text{повн}}} = \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{БСК}}^{\text{вир}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{250 \cdot 77000 + 300 \cdot 8000}{85000} = 255 \text{ мг/дм}^3;$$

$$C_{\text{сум ПАР}} = \frac{C_{\text{ПАР}}^{\text{поб}} \cdot Q_{\text{поб}} + C_{\text{ПАР}}^{\text{вир}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{поб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{8,33 \cdot 77000 + 0,5 \cdot 8000}{85000} = 7,6 \text{ мг/дм}^3;$$

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод

Нормативи якості води у водоймі

Норми якості води водойм і водотоків для умов господарсько-побутового призначення визначено, згідно з правилами приймання во у водойму[5].

Необхідний ступінь очищення розраховується за методом Фролова-Родзілера. Згідно завдання, водойма відноситься до господарсько-побутового водокористування. У розрахунковому створі за течією річки на відстані 2,5 км від найближчого пункту водокористування повинні забезпечуватися наступні показники якості води [2]:

- завислі речовини  $\leq 0,75 \text{ мг/дм}^3$ ;  $0,75 \text{ г/м}^3$  - максимально-допустимий приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод
- біохімічна потреба в кисні  $\leq 6 \text{ мг/дм}^3$  при температурі  $20^\circ\text{C}$ ;
- розчинений кисень  $\geq 4 \text{ мг/дм}^3$  ( в літній період).

Розрахунковий коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який показує змішування стічної води з водою річки, визначається за формулою:

До господарсько-побутового водокористування відноситься використання водних об'єктів для купання, занять спортом і відпочинку населення. Вимоги до якості води, встановлені для господарсько-побутового водокористування, поширюються на всі ділянки водних об'єктів, що знаходяться в межах населених місць, незалежно від виду їх використання.

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{1,2 \cdot 2,3}{200} = 0,0138$$

де  $V_{cp}$ - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с (згідно завдання = 1,2 м/с);  $H_{cp}$ - середня глибина річки на тій же ділянці, м (згідно завдання = 2,3 м).

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування стічних вод з водою річки, визначається за формулою:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{\text{сеп.с.}}}} = 1,1 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0138}{0,9839}} = 0,40$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт звивистості річки, рівний відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічних вод до розрахункового створу до відстані між цими пунктами по прямій  $=1,1$ ;  $\xi$  - коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у водойму  $=1,5$ ;  $Q_{\text{сеп.с.}}$  - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму  $=0,9839$ , м<sup>3</sup>/с.

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha^3 L}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{\text{сеп.с.}}}\right) e^{-\alpha^3 L}} = \frac{1 - e^{-0,40^3 \cdot 3200}}{1 + \left(\frac{14}{0,9839}\right) e^{-0,40^3 \cdot 3200}} = 0,99$$

де  $L$  - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу  $L=3200$  м;  $Q$  - розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості  $Q=14$  м<sup>3</sup>/с;  $Q_{\text{сеп.с.}}$  - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму  $=0,9839$ , м<sup>3</sup>/с.

Необхідний ступінь очищення стічних вод

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у водойму, становить:

$$C_{\text{зр}}^{\text{доп}} = p \cdot \left( \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} + 1 \right) + C_{\text{ф}} = 0,75 \cdot \left( \frac{0,99 \cdot 14}{0,9839} + 1 \right) + 15 = 26,3 \text{ мг / дм}^3,$$

де  $p$  - приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup> (0,75 г/м<sup>3</sup>);  $C_{\text{ф}}$  - фонові концентрації завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup> (15 г/м<sup>3</sup>).

					Арк.
					53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Допустиме значення БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що скидаються у водойму:

$$C_{БСК}^{don} = \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{сер.с.}} \cdot \left( \frac{C_{БСК}''}{10^{-k \cdot t}} - C_{БСК}^{\phi} \right) + \frac{C_{БСК}''}{10^{-k \cdot t}} =$$

$$= \frac{0,99 \cdot 14}{0,9839} \cdot \left( \frac{6}{10^{-0,12 \cdot 0,03}} - 4 \right) + \frac{6}{10^{-0,12 \cdot 0,03}} = 35 \text{ мг/дм}^3,$$

де  $C_{БСК}^{don}$  - значення БСК<sub>повн</sub>, яке повинно бути досягнуто в процесі очищення стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{БСК}'' = 6$  мг/дм<sup>3</sup> - гранично-допустиме значення БСК<sub>повн</sub> у розрахунковому створі річки, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{БСК}^{\phi} = 4$  мг/дм<sup>3</sup> - фонове значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>;  $k = 0.12$  доба<sup>-1</sup> - константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, доба<sup>-1</sup>;  $t$  - тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу становить:

$$t = \frac{L}{V_{сер} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{3200}{1,2 \cdot 24 \cdot 3600} = 0.03 \text{ доб}$$

де  $L = 3200$  м – відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м;  $V_{сер} = 1,2$  м/с – середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с.

Розрахунок допустимого БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що скидаються у водойму, за розчиненим у воді киснем, без урахування поверхневої реаерації водойми. Потрібна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде забезпечена, якщо БСК<sub>повн</sub> стічних вод не буде перевищувати величину:

$$C_{БСК}^{O_2} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{сер.с.}} \cdot (O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{БСК}^{\phi} - O_{\min}) - \frac{O_{\min}}{0,4} =$$

$$= \frac{0,99 \cdot 14}{0,4 \cdot 0,9839} \cdot (7 - 0,4 \cdot 4 - 4) - \frac{4}{0,4} = 39 \text{ мг/дм}^3,$$

де  $C_{БСК}^{O_2}$  - БСК<sub>повн</sub> стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм<sup>3</sup>;  $O_{\phi} = 7$  мг/дм<sup>3</sup> – фонові концентрації розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>;  $O_{\min} = 4$  мг/дм<sup>3</sup> – найменша концентрація

					Арк.
					54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі,  $\text{мг/дм}^3$ ;  $C_{БСК}^{\phi}=4$   $\text{мг/дм}^3$  – фонове значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод,  $\text{мг/дм}^3$ ; 0,4 - коефіцієнт для перерахунку БСК<sub>повн</sub> у БСК<sub>2</sub>.

Отримане значення концентрації завислих речовин (26,3  $\text{мг/дм}^3$ ) свідчить про достатність повного біологічного очищення, БСК<sub>повн</sub> (35  $\text{мг/дм}^3$ ), а повне біологічне очищення дозволяє досягти значень БСК<sub>повн</sub>=15  $\text{мг/дм}^3$ ,  $C_{зр}$ =15  $\text{мг/дм}^3$ .

### 4.3 Розрахунок первинних відстійників

4.3.1. Тип відстійника – радіальний. Ефективність  $E_{set}$  відстоювання обумовлюється тим, що на біологічне очищення рекомендується подавати воду з вмістом завислих речовин, який не перевищує 150  $\text{мг/дм}^3$ .

Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$E_{set} = \frac{C_{зр}^n - C_{зр}^k}{C_{зр}^n} \cdot 100\% = \frac{202 - 150}{202} \cdot 100 = 26\%,$$

де  $C_{зр}^n$  - початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду,  $\text{мг/дм}^3$ ;  
 $C_{зр}^k=150 \text{ мг/дм}^3$  - концентрація завислих речовин на виході зі споруди,  $\text{мг/дм}^3$

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод становить:  $t_{set}=536 \text{ с}$ .

Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить:

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{1,0 \cdot 536 \cdot \left( \frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5} \right)^{0,3}} = 1,86 \text{ мм/с},$$

де  $K_{set}$  - коефіцієнт використання зони об'єму, залежить від типу відстійника;  
 $H_{set}=3$  – робоча глибина відстійника, залежить від типу відстійника;  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод (1.0);  $t_{set} = 536 \text{ с}$  – тривалість відстоювання,

					Арк.
					55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

с;  $h=0,5$  м – висота циліндра, м;  $n_2$  – показник степеня, який залежить від агломерації частинок.

Визначаємо продуктивність первинного відстійника. Для радіального типу відстійників. Розглянемо можливі варіанти діаметрів відстійників.

$$q_{set} = 2.8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2) (U_o - v) = 2,8 \cdot 0,45 (24^2 - 1,6^2) (1,86 - 0) = 1343.9 \text{ м}^3 / \text{год},$$

$$q_{set} = 2.8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2) (U_o - v) = 2,8 \cdot 0,45 (30^2 - 1,8^2) (1,86 - 0) = 2102 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$q_{set} = 2.8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2) (U_o - v) = 2,8 \cdot 0,45 (40^2 - 2.0^2) (1,86 - 0) = 3740.39 \text{ м}^3 / \text{год}$$

де  $D$  – діаметр відстійника, м;  $d$  – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника чи центральної труби вертикального відстійника, м;  $V$  – турбулентна складова приймається в залежності від швидкості руху стічних вод у споруді 5-10 мм/с.

де  $Q_{\text{макс.сек.}}^{\text{сум.}}$  - максимальна секундна витрата суміші побутових і виробничих стічних вод, м<sup>3</sup>/с;  $V_{\text{ц.т.}}$  - розрахункова швидкість руху води у центральній трубі - 0,03 м/с ;  $N$  - кількості первинних відстійників.

При визначенні розмірів відстійників доцільно орієнтуватися на розміри типових споруд Кількість відстійників повинна бути не менша двох. Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{\text{max}}}{q_{set}} = \frac{5206}{1343.9} = 3.8 \approx 4 \text{ шт},$$

$$N = \frac{Q_{\text{max}}}{q_{set}} = \frac{5206}{2101.65} = 2.5 \approx 3 \text{ шт},$$

$$N = \frac{Q_{\text{max}}}{q_{set}} = \frac{5206}{3740.39} = 1.39 \approx 2 \text{ шт},$$

де  $Q_{\text{max}} = 5206 \text{ м}^3/\text{год}$  – максимальна витрата суміші стічних вод, м<sup>3</sup>/год.

Проаналізувавши отримані результати , приймаємо 4 первинних відстійники діаметром 24 м.

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника діаметром 24м:

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$q_{\phi} = \frac{Q_{\text{vax}}}{N_{\phi}} = \frac{5206}{4} = 1301,5 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{\text{set}} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{1301,5}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2)} = 1,8 \text{ мм/с.}$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{\text{set}}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{\text{set}} \cdot H_{\text{set}}}{U_o^{\phi} \cdot \alpha \cdot \left( \frac{K_{\text{set}} \cdot H_{\text{set}}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{1,8 \cdot 1,0 \left( \frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5} \right)^{0,3}} = 557 \text{ с.}$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при  $C_{\text{поч}}$  і  $t_{\text{set}}^{\phi}$  становить:  
 $E^{\phi} = 30,48 \%$ .

При отриманому  $E^{\phi}$  концентрація завислих речовин:

$$C_{\text{зр}}^{\kappa.\phi} = C_{\text{зр}}^n - \frac{E^{\phi} \cdot C_{\text{зр}}^n}{100} = 202 - \frac{30,48 \cdot 202}{100} = 140 \text{ мг / дм}^3.$$

Маса сухої речовини осаду, що затримується у первинних відстійниках, становить:

$$M_{\text{ос}} = \frac{(C_{\text{зр}}^n - C_{\text{зр}}^{\kappa.\phi}) \cdot Q_{\text{сер.доб}} \cdot K}{10^6} = \frac{(202 - 150) \cdot 85000 \cdot 1,2}{10^6} = 5,3 \text{ т / добу},$$

де  $Q_{\text{сер.доб}} = 85\,000 \text{ м}^3/\text{доб}$  - витрата стічних вод,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;  $K=1,2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу.

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 \cdot M_{\text{ос}}}{100 - W_{\text{ос}}} = \frac{100 \cdot 5,3}{100 - 95} = 106 \text{ м}^3,$$

де  $W_{\text{ос}} = 95$ , вологість осаду, %.

Приймаємо за розрахунком кількість відстійників – 4 споруди, за типовим проектом ТП 902-2-363.83 типові розміри споруди:

- діаметр відстійника 24 м,

					Арк.
					57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

- діаметр розподільного пристрою 1,6 м,
- гідравлічна глибина 3,4 м,
- висота зони осаду 0,3 м,
- об'єм зони осаду 210 м<sup>3</sup>.

#### 4.3.2. Розрахунок аеротенка

Значення БСК<sub>повн</sub> стічних вод, які надходять в аеротенк, становить 255 мг/дм<sup>3</sup>. Згідно [1], при концентрації БСК<sub>повн</sub><500 мг/дм<sup>3</sup> приймаємо аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу (БСК<sub>повн</sub>>150 мг/дм<sup>3</sup>).

Попередньо приймаємо дозу активного мулу в зоні аерації в межах 2,5 г/дм<sup>3</sup> та значення мулового індексу 85 см<sup>3</sup>/г. Для прийнятих значень визначається ступінь рециркуляції активного мулу:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{85} - 2,5} = 0,27,$$

де  $a_a$  – доза мулу, що дорівнює 2,5 г/дм<sup>3</sup>; J – муловий індекс, який становить 85 см<sup>3</sup>/г.

Згідно з [1, п.6.145], значення R, при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймаємо R=0,3.

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left( \frac{1}{2R} + 1 \right) = 2,5 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1 \right) = 7,2 \text{ г/дм}^3.$$

Концентрація органічних забруднень за БСК<sub>повн</sub> в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу визначається за формулою:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \cdot R}{1 + R} = \frac{217 + 15 \cdot 0,3}{1 + 0,3} = 170 \text{ мг/дм}^3,$$

де  $C_{\text{сум,БСК}}^a$  - показник БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 15%, мг/дм<sup>3</sup>;

					Арк.
					58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$C_{БСК}^κ = 15$  мг/дм<sup>3</sup> показник БСК<sub>повн</sub> в очищеній воді після повного біологічного очищення, мг/дм<sup>3</sup>.

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку визначається за формулою:

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{БСК}^κ} = \frac{2,5}{\sqrt{2,5}} \cdot \lg \frac{170}{15} = 1,67 \text{ год}$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{C_{БСК}^κ \cdot C_o}{C_{БСК}^κ \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot C_{БСК}^κ} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_p} =$$

$$85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,7} = 16,5 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}},$$

де  $\rho_{\text{max}} = 85$  мг/(г·год) – максимальна швидкість окиснення стічних вод [1, табл.40];

$C_o$  – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається 2 мг/дм<sup>3</sup>;

$K_L$  - константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає 33 мг·БПК<sub>повн</sub>/дм<sup>3</sup> [1, табл.40];

$K_o$  – константа, яка характеризує вплив кисню, становить 0,625 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> [1, табл.40];

$\varphi$  - коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає 0,07 дм<sup>3</sup>/г [1, табл.40].

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_o = \frac{C_{\text{сум, БСК}}^a - C_{БСК}^κ}{a_p (1 - S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер.р}}} = \frac{217 - 15}{7(1 - 0,3) \cdot 16,5 \cdot 0,3} \cdot \frac{15}{17} = 7,3$$

де  $S$  – зольність активного мулу, приймається 0,3;  $T_{\text{сер.р}}$  – середньорічна температура стічних вод, становить 17 °С.

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_o - t_a = 7,3 - 1,7 = 5,7 \text{ год}$$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор буде дорівнювати:

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1 + 0,3) \cdot 1,7 + 5,7 \cdot 0,3 = 3,92 \text{ год}$$

					Арк.
					59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор визначається за формулою:

$$a_{\text{сер}} = \frac{a_a(1+R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{сер}}} = \frac{2,5(1+0,3) \cdot 1,7 + 7 \cdot 0,3 \cdot 5,7}{3,92} = 4,46 \text{ г} / \text{дм}^3.$$

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних буде складати:

$$q_m = \frac{24(C_{\text{сум, БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k)}{a_{\text{сер}} \cdot (1-S) \cdot t_{\text{сер}}} = \frac{24(217-15)}{4,49 \cdot (1-0,3) \cdot 3,89} = 333 \text{ мг} / \text{г} \cdot \text{добу}.$$

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу, згідно [1, табл.41], (дод. К, табл. К.8), яке становить:  $I_{\Phi}=73,3 \text{ см}^3/\text{г}$ .

При фактичному значення мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме:

$$R^{\Phi} = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_m} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{73,3} - 2,5} = 0,22.$$

Розрахунок вважається завершеним, коли нове значення  $R_{\Phi}$  не перевищує попереднього або відрізняється від нього в межах точності розрахунку 5%.

Робочий об'єм аеротенка та регенератора визначається за формулами:

$$W_a = (1+R) \cdot t_a \cdot Q_{\text{max}} = (1+0,3) \cdot 1,7 \cdot 5206 = 11505 \text{ м}^3;$$

$$W_p = t_p \cdot R \cdot Q_{\text{max}} = 5,7 \cdot 0,3 \cdot 5206 = 8902 \text{ м}^3,$$

де  $Q_{\text{max}}$  – максимальна витрата суміші стічних вод, 5206 м<sup>3</sup>/год.

Загальний об'єм становить:

$$W = W_a + W_p = 11505 + 8746 = 20407 \text{ м}^3.$$

Об'єм однієї секції складає:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{20407}{2} = 10203 \text{ м}^3.$$

Приймається 3 секції двохкоридорного аеротенку з робочою глибиною  $H=4,4$  м; шириною секцій  $B=9$  м [3, табл. 27.7].

Довжина секції становить:

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{20407}{9 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 2} = 113 \text{ м},$$

де  $N = 2$  – кількість секцій аеротенка, шт.;  $n_k = 2$  – кількість коридорів у секції, шт.

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{8902}{20407} \cdot 100 = 44\%.$$

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$P = 0,8 \cdot C_{зр}^{к,ф} + K_{\Pi} \cdot C_{\text{сум,БСК}}^a = 0,8 \cdot 140 + 0,3 \cdot 217 = 177 \text{ мг/дм}^3,$$

де  $C_{зр}^{к,ф} = 140$  мг/дм – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк<sup>3</sup>;  $K_{\Pi}$  – коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3.

Аеротенки обладнуються системою аерації. Приймається дрібнобульбашкова система аерації, її розрахунок полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію, яка визначається за формулою:

$$q_{\text{нов}} = \frac{q_o \cdot (C_{\text{сум}}^{\text{бнк}} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} = \frac{1,1 \cdot (217 - 15)}{1,68 \cdot 2,68 \cdot 0,85 \cdot 0,94 \cdot (10,1 - 2)} = 7,6 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

де  $q_o$  – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні 1,1 мг/дм<sup>3</sup>;  $K_1 = 1,68$  – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка (0,3/0,6)  $K_2 = 2,68$  – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів [1, табл.43], (дод. К.10);  $K_3 = 0,85$  – коефіцієнт якості води для міських стічних вод [1, табл.44], (дод. К.9);  $K_T$  – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ( $T_{\text{сер,р}}$ ) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{\text{сер,р}} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (17 - 20) = 0,94$$

де  $C_a$  – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів ( $h_a$ ) за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{5}{20,6}\right) \cdot 9,61 = 11 \text{ мг/дм}^3,$$

					Арк.
					61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

де  $C_T$  – розчинність кисню у воді в залежності від температури та атмосферного тиску, становить  $8,33 \text{ мг/дм}^3$  [4, табл. 3.5, дод. К.11];  $C_0$  – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають  $2 \text{ мг/дм}^3$ .

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{нов} \cdot H}{t_{cee}} = \frac{7,6 \cdot 5}{3,92} = 9,7 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

де  $H = 5 \text{ м}$  – глибина аеротенка.

В регенераторах рекомендується приймати кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде складати: в аеротенку -  $I_a = 0,67 I_{сер}$ , у регенераторі -  $I_p = 1,33 I_{сер}$ .

$$I_p = 1,33 \cdot I = 1,33 \cdot 9,7 = 12,9 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

$$I_a = 0,67 \cdot I = 0,67 \cdot 9,7 = 6,5 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

Отримані значення знаходяться в межах  $I_a^{\min} < I_a$ ,  $I_p < I_a^{\max}$ .

Загальна витрата повітря, яке подається в аеротенк, визначається за середньою витратою стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{пов}^{сер} = q_{нов} \cdot Q_{max} = 7,6 \cdot 5206 = 39566 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Повітродувки підбирають за каталогом, виходячи із загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря.

#### 4.3.2. Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків

Вторинні відстійники служать для затримання активного мулу після аеротенків, число яких варто приймати не менше трьох за умови, що усі відстійники є робочими. Приймаються радіальні вторинні відстійники.

Розрахунок вторинних відстійників здійснюється за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, яке для відстійників після аеротенків визначається за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{відст.} \cdot H_{з.в.}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_M^\phi \cdot a_a)^{0,5-0,01a_i}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,1^{0,8}}{(0,1 \cdot 73,3 \cdot 2,5)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 2,76 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{год}$$

					Арк.
					62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

де  $K_{\text{відст.}}$  - коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних - 0,4  $H_{\text{з.в.}}=3,1$  - глибина зони відстоювання, м;  $J_{\text{м}}^{\Phi} = 73,3$  – фактичне значення мулового індексу,  $\text{см}^3/\text{г}$ ;  $a_{\text{а}}$ - концентрація активного мулу в аеротенку 2,5  $\text{г}/\text{дм}^3$ ;  $a_{\text{т}}$ - концентрація активного мулу у воді після відстоювання (15  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ),  $\text{мг}/\text{дм}^3$ .

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q} = \frac{5206}{2,76} = 1886 \text{ м}^2$$

де  $Q_{\text{max}}$  – максимальна витрата стічних вод з врахуванням рециркуляційної витрати (при необхідності),  $5206 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Кількість вторинних відстійників приймається не менше трьох, усі відстійники – робочі:

$$N = \frac{F_{\text{відст.}} \cdot 4 \cdot K}{\pi D^2} = \frac{1886 \cdot 4 \cdot 1,2}{3,14 \cdot 24^2} = 5 \text{ шт}$$

Приймаємо 6 вторинних радіальних відстійника з діаметром 24 м.

Приймаємо такі розміри відстійника за типовим проектом 902-2-88/75:

- діаметр 24 м;
- глибина – 3,7 м;
- діаметр трубопроводу (підвідного) – 1200 мм;
- діаметр трубопроводу (відвідного) – 700 мм;
- об'єм зони (мулової) - 280  $\text{м}^3$ ;
- об'єм зони (відстійника) – 1400  $\text{м}^3$

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДІВКІЛЛЯ

На станціях очищення стічних вод, як і на інших підприємствах є небезпечні і шкідливі фактори, такі як: підвищений рівень вологості приміщення; підвищений рівень шуму і вібрації; рухомі елементи устаткування (лебідки, скребки, зрошувачі, механічні мішалки); небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі; присутні патогенні мікроорганізми в стічних водах, яйця гельмінтів, газоподібні токсичні речовини.

Враховуючи наявність цих факторів, для поліпшення умов праці та безпеки на підприємстві, передбачено заходи з охорони праці [14].

На основі аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів запропоновані заходи на створення безпечних умов праці та виконання вимог пожежної безпеки.

### 6.1. Повітря робочої зони

Забезпечення нормальних умов праці, передусім, припускає комфортні санітарно-гігієнічні умови і виробничих приміщеннях і на робочих місцях. Створення цих умов повинне починатися на стадії проектування виробничих будівель і основних технологічних процесів. У проекті передбачено засоби усунення промислових джерел виділення шкідливих речовин та створення необхідного мікроклімату [15].

Оптимальний мікроклімат у приміщенні має такі параметри: температура взимку/ влітку – 20-22/20-25°C (побутові приміщення), 16-25 °C (виробничі приміщення); вологість взимку/влітку – 40-30/30-61 % (побутові приміщення), 30-60% (виробничі приміщення) ; швидкість руху повітря – 0.1-0.15/0.25 м/с (побутові приміщення), 0.2-0.7 м/с (виробничі приміщення) [15].

Заходи для зменшення дії шкідливих речовин:

- 1) Робочі місця оснащені системами вентиляції, що сприяє зменшенню вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Концентрація забруднень стає нижче ГДК.

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



2) В приміщеннях де присутній гіпохлорит передбачена аварійна вентиляція, також встановлено газоаналізатори

## **6.2. Виробниче освітлення**

На станціях очищення стічної води представлено використання штучного і комбінованого освітлення. Біля споруд очищення води передбачено використання природнього верхнього і штучного освітлення. На складах і насосних станціях – штучного освітлення [16].

Як штучне освітлення використовують люмінісцентні, вибухобезпечні та водонепроникні лампи типу ВЗГ-300. Термін служби люмінісцентних ламп складає 10000 год.

Освітлення на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи. Збільшення освітленості сприяє продуктивності праці та безпеці роботи [17].

Комбіноване освітлення забезпечує підвищення рівномірності природного освітлення великих приміщень.

## **6.3. Захист від виробничого шуму та вібрації**

В проекті передбачено використання вібраційної техніки та механізмів. При роботі з вібраційними механізмами робітники піддаються негативному впливу високих рівнів вібрації. Як наслідок вібрації є появу шуму, що теж негативно впливає на працездатність робітників.

Основними джерелами вібрації є центрифуги, решітки-дробарки, насосне обладнання.

Засоби зниження впливу шуму і вібрації: застосування кожухів та екранів; використання вібропригнічуючих підставок, що являють собою залізобетонну плитку [18].

Як індивідуальний захист під час роботи з механізованим інструментом користуються антивібраційними рукавицями та спеціальним взуттям.

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість роботи з таким інструментом не повинна перевищувати 2/3 робочої зміни. Довготривалість вібрації не повинна перевищувати 20 х.

#### **6.4. Пожежна безпека**

Причинами початку пожежі можуть стати такі фактори: розгерметизація обладнання, порушення ізоляції струмопровідних частин під час механічного пошкодження, старіння, вплив вологи, відкритий вогонь.

Якщо на підприємстві або на його ділянках не забезпечується дотримання установлених протипожежних заходів і з'являється загроза виникнення пожежі, органами державного пожежного нагляду може накладатися штраф на осіб, що причетні до виникнення пожежі.

У виробничих приміщеннях, складах повинні бути вогнегасники, які призначені для ліквідації невеликих пожеж силами персоналу підприємства.

Для гасіння пожежі в робочих приміщеннях використовують повітряно-пінні вогнегасники ВПП-10. Вони також застосовуються для гасіння легкозаймистих та горючих рідин та твердих горючих матеріалів.

Основними методами припинення розповсюдження горіння є:

- 1) Припинення потрапляння в зону горіння окиснювача або горючої речовини.
- 2) Зниження концентрації кисню повітря до припинення горіння.
- 3) Інтенсивне гальмування швидкості хімічної реакції в полум'ї [14].

#### **6.5. Електробезпека**

Електричний струм може викликати опік, порушення гомеостазу, металізацію шкіри, вивихи суглобів та переломи кісток, внаслідок судомних скорочень.

Для запобігання нещасних випадків при роботі зі струмом потрібно знати напругу в мережі та напругу електроустаткування.

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зменшити негативний вплив можна працюючи за безпечною та надійною установкою, враховуючи організаційні заходи щодо безпечної її експлуатації. Акож використовуючи технічні засоби захисту [15].

## 6.6. Охорона довкілля

Основні напрямки вирішення проблеми захисту навколишнього середовища:

- 1) Розробка і удосконалення технологічних процесів, удосконалення устаткування.
- 2) Заміна токсичних відходів на нетоксичні, неутилізовані на утилізовані...
- 3) Раціональне розміщення джерел забруднення, винесення підприємств за межі міста.
- 4) Створення безвідходної технології.
- 5) Розробка системи переробки відходів виробництва у вторинні матеріальні ресурси [14].

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

На основі аналізу існуючих технологій очищення було обрано технологію електрокоагуляції-флотації для очищення стічних вод молокозаводу. Технологія забезпечує досягнення допустимих показників забруднень до скиду стічної води в міську систему каналізації м. Житомир.

Розраховано концентрації суміші стічних вод міста та молокозаводу.

Необхідний ступінь очищення для скиду в річку становить  $БСК_{повн}=35$  мг/ дм<sup>3</sup>,  $ХСК=39$  мг/ дм<sup>3</sup>,  $С_{ЗР}=26,3$  мг/ дм<sup>3</sup>.

Встановлено, що складу активного мулу входить широке коло мікроорганізмів, які належать до різних родів, зокрема бактерії, водорості, актиноміцети, гриби, черви, а також водні кліщі.

Було прийнято і охарактеризовано технологію біологічного очищення суміші стічних вод молокозаводу і стічних вод міста. Дана технологія включає в себе механічне очищення (решітки, пісковловлювачі), біологічне очищення (первинний і вторинний відстійники, аеротенк-витиснювач), обробка осадів (мулоушільнювач, аеробний стабілізатор, камеру дегельмінтизації, камеру промивання осаду, камеру коагуляції, фільтр-прес, мулові та піскові майданчики).

Дана технологія дає можливість скидати очищену стічну воду у водойму.

На основі обраної технології очищення було розроблено технологічну і апаратурну схеми. Дана технологія дає можливість скидати очищену стічну воду у водойму.

На підставі проведених розрахунків обрано та розроблено креслення – аеротенка-витиснювача. Відповідно до розрахунків прийнято типовий двохсекційний, двохкоридорний аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу. Об'ємом 20407 м<sup>3</sup>, глибиною 5 м, шириною коридору 9 м.

Описано заходи з охорони праці та охорони довкілля.

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *А.М. Гивлюд.* Моніторинг забруднення стічних вод молокопереробних підприємств / А.М. Гивлюд. – 2014. – С. 301–305.
2. *Вільчинська Н.Л.* Сучасний стан та перспективи розвитку молопереробних підприємств України / Н. Л. Вільчинська. // №12. – 2013.
3. *Луфференко Л.Ю.* Проблеми функціонування молокопереробних підприємств Житомирської області / Л. Ю. Луфференко // №6. – 2011.
4. *Саблій Л. А.* Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія.– Рівне: НУВГП, 2013. -291 с.
5. *Каналізація.* Зовнішні мережі і споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5 – 75:2013. – Замість СНиП 2.04.03-85; чинний від 2014-01-01. – К: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 207 с.
6. *Айрапетян Т. С.* Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення» (Модуль 2. Очищення стічних вод) (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спеціальність «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)/ Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун–т міськ. госп–ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 121 с
7. *Саблій Л.А.* Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: автореф. дис. д-ра техн. наук / Л. А. Саблій. – Київ, 2011. – 40 с.
8. *А. М. Гивлюд, В.В. Сабадаш, Я.М. Гумницький.* Обґрунтування можливості використання природного цеоліту для очищення стічних вод молокозаводів/ А М. Гивлюд, В. В. Сабадаш, Я. М. Гумницький // Вісник Львівського державного університету безпеки життєяльності. -2015. - №12. – с. 185-190
9. *Жукова В. С.* Очищення стічних вод від сполук азоту з використанням іммобілізованих мікроорганізмів: дис. канд. тех. Наук / Жукова В.С. – Київ, 2013. – 145 с.

						Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Правила приймання стічних вод споживачів у каналізаційну мережу м. Житомир, 2015 р. – 67 с.
11. Ручай, Н. С. Экологическая биотехнология : учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. – Минск : БГТУ, 2006. – 312 с.
12. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
13. Сорокіна К. Б. Теоретичні основи технології очистки води (Теоретичні основи водопідготовки) : конспект лекцій (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 – Будівництво (фахове спрямування «Водопостачання та водовідведення») і 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси)) / К. Б. Сорокіна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 128 с.
14. Одарченко М. С. Основы охраны труда: підручник / М.С. Одарченко. – Х.: Издат, 2017. – 334 с.
15. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охрана труда. Навч. посіб. 2ге вид.– К.: Центр учбової літератури, 2011. – 280 с.
16. ДСН 3,3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
17. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення
18. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

						Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК  
Специфікація обладнання та КВП

Позиція	Позна Чення	Найменування	Кіль кість	Маса, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6
ПЗ-1		Повітрозабірник, висота 4,5 м.	1		За власним кресленням
Ф-2	КдМ- 1000	Масляний фільтр попереднього очищенн.Ефективність 80%	1		Збірний
В-3	Тп- 178- 1,6	Повітродувка. Продуктивність від 2 до 1000 м³/год .Стиснення повітря 0,163 Мпа. Потужність електродвигуна 360кВт.	1		Збірний
Д-4 Д-6 Д-10 Д-15		Об'ємно-ваговий дозатор для сипких сполук	4		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
Р-7 Р-9 Р-13	ВЕЕ	Реактори з перемішуючим пристроєм – лопатевою мішалкою. Робочий об'єм 5 м³.Потужність електродвигуна 250кВт	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
ПК-16		Приймальна камера для суміші СВ	1		
Н-8 Н-11 Н-14 Н-25 Н-34 Н-33 Н-35	СМ 100 - 65	Насос відцентровий горизонтальний консольний з робочим колесом закритого типу	5		Збірний

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
РД-17		Решітка-дробарка. Швидкість потоку рідини 0,8 м/с. Кількість прозорів в решітці 21. Розмір прозорів 0,016 м.	1		Збірний
П-18		Пісковловлювач. Швидкість руху 0,3 м/с.	1		Збірний
В-19		Первинний відстійник. Діаметр 24 м, глибина робочої частини 3,4 м. Тривалість відстоювання 536 с. Ефективність освітлення 30,48%.	4		Збірний
А-20		Двохсекційний аеротенк-витиснювач Ширина кожного коридору 9 м, довжина 113м, робоча глибина 5 м загальний об'єм 20407 м <sup>3</sup> .	1		Збірний
В-21		Вторинний відстійник. Діаметр 24 м, гідравлічна глибина 3,7м.	5		Збірний

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
Р-22		Реактор для перемішування води з гіпохлоритом натрію	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КР-23		Контактний резервуар. Продуктивність 85 тис. м <sup>3</sup> /доба. Глибина 4 м, ширина 6 м та довжина 24 м.	1		Збірний

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	72



МУ-24		Мулоушільнювач. Тривалість ущільнення 5 год.	1		Збірний
АС-25		Аеробний стабілізатор. Тривалість 7 діб	1		
Р-26		Реактор для дегельмінтизації осаду.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-27		Камера промивки осаду. Тривалість 30 хв.	1		
МУ-28		Мулоушільнювач. Тривалість ущільнення 12год. Вологість осаду 96%.	1		Збірний
Р-30		Реактор для змішування осаду із коагулянтном. Механічне перемішування – лопатева мішалка.	1		
Ф-31		Вакуум-фільтр. Продуктивність 25 кг/(м <sup>2</sup> ·год). Розрідження 0,05 МПа. Тривалість періоду фільтрування 4 хв. Вологість осаду 65%.	1		Збірний

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
ММ-32		Муловий майданчик для підсушування осаду.	1		
ПМ-34		Пісковий майданчик для підсушування піску та інших мінеральних домішок	1		
КП-1.1 КП-2.1 КП-2.2	ОБМ-160	Манометр Діаметр корпусу: 63 мм. Клас точності: 2,5, діапазон вимірювання 0-1,0МПа,	3		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-3.1	РС-28	Датчик вимірювання тиску. Мінімальна ширина діапазона 1,5 кПа.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-31.1	МІДА	Датчик вимірювання тиску. Діапазон вимірювання: 0-6 МПа.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10Т

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
КП-22.1 КП-30.1	ЕЕ820	Датчик для вимірювання концентрації розчину. Вихідний сигнал - 4...20мА.	2		
КП-20.1 КП-25.1	FYA 700	Датчик для вимірювання концентрації кисню. . Розміри: висота 43 мм х Ø 29.3 мм	2		
КП-20.1 КП-25.1	ОВП	Датчик для вимірювання рН. Діапазон вимірювання: 2-12.	2		Твердий полімерний електроліт

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КП-20.1 КП-25.1	ТКП-160Сг-М2	Термометр манометричний, конденсаційний. Межі вимірювань 0...120°C. Клас точності 1.5.	2		Неірж. сталь 12Х18Н10Т
--------------------	--------------	--	---	--	------------------------

						Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		